

**Dr. Róka András**

### **Az energia sokfélesége és sokoldalúsága**

Amíg az előző század az ANYAG évszázada volt, a XXI. az ENERGIA százada lesz. 1997-ben volt „száz éves” az elektron (Thomson 1897), és nagyjából száz éve ismerjük az atom szerkezetét. Az anyag századában derült ki, hogy léteznek makromolekulák, sikerült megismerni az egyedfejlődés lépéseit átörökítő DNS szerkezetét. A XX. században jelentek meg olyan szerkezeti anyagok, amelyek lehetővé tették az űrutazást, a napenergia hasznosítását vagy az idegsejtek műveleti sebességét túllépő számítógépek kifejlesztését.

Az ENERGIÁNAK az anyag, az élet és az emberiség történetében egyaránt meghatározó szerepe volt. Háborúk folytak érte és vesztek el hiányában. Az ókorban piramisokat emelt, a középkorban a mágiát és a máglyahalált szolgálta, a gőzgépek korában ipari forradalmat, míg a legújabb korban a tudományos és technikai forradalom nyomán informatikai forradalmat hozott. Hozzáértők szerint a jövő az INFORMÁCIÓ százada lesz. Miért lenne akkor az energiának a korábbiaktól is fontosabb szerepe?

Az ember a többi élőlényvel szemben nemcsak létfenntartásához igényel energiát, és az energiaínség ellenére sem akar lemondani kényelméről. Ezzel szemben az élet, legyen az egyedi vagy társulás szintű, ritkán pazarló. Éppen az a fantasztikus benne, hogy mennyire gazdaságosan épülnek egymásra a folyamatok. A növények és az állatok nem hasznosíthatnak több energiát, mint amennyi közvetlen vagy közvetett módon jut számukra a Nap energiájából.

Az ember az ipari forradalom óta folyamatosan tanulja, hogy hogyan termelje meg többlet energiaszükségletét, miközben folyamatosan csökkenti "bioenergiája" hasznosítását, az izommunkát. Az emberiség az elkényelmesedett és sokszor pazarló fogyasztói társadalom modelljével változatlanul növekvő mennyiségű energiatöbbletet igényel. Éppen a növekvő mértékű energiatermelés melléktermékei és következményei károsítják a természetes környezetet. A „fenntartandó fejlődés” olyan mértékben vonja el az anyagot és az energiát a közös élettérből, hogy az lassan nemcsak más fajok, hanem az emberiség számára is veszélyes. Századunk azért lesz az energia százada, mert a megnövekedett igények következtében az emberiség lassan lehetőségei határához érkezett! Az

információ csak akkor INFORMÁCIÓ, ha van lehetőség a feldolgozására. Csakhogy önmagában még az információcseréhez is energia szükséges, legyen az biológiai vagy technikai eredetű. Vagyis a jövő csak akkor lehet az információ százada, ha úgy tudjuk megoldani növekvő energiagondjainkat, hogy közben nem pusztítjuk el saját élőhelyünket.

Mi köze mindehhez a kémiának? Amit a hétköznapi életben energiatermelésnek nevezünk, az valójában energiaátalakítást jelent. Hiszen az energia „nem keletkezik és nemvész el, csak átalakul”. Ezek az energia átalakítási folyamatok vagy egyenesen kémiai reakciókon alapulnak, vagy megjelennek bennük kémiai folyamatok. Hiszen a lignit, szén, pakura, földgáz vagy éppen hulladék tüzelésű hő- és villamos erőművek, a hordozó rakéták, az űrsiklók, a belső égésű Otto- és Diesel-motorok éppúgy „kémiai” energiát alakítanak át az éppen szükséges energiafajtává, mint az anaerob vagy aerob körülmények között élő szervezetek. Egyenként egyszerűnek tűnő kémiai reakciók sorozatával alakítják át a zöld színtestek is a Nap életet fenntartó sugárzási energiáját. Elektrokémiai reakciókon alapul a „tartós” elemek működése is, amelyek nemcsak a műszerek, hírközlő és szórakoztató eszközök vagy éppen a telefon mobilitását, hanem a szívritmus-szabályozók működését is biztosítják.

A jövő energiatermelésében a kémiának és a kémiai technológiának még fontosabb szerepe van! Nem pusztán a környezet védelme, a káros melléktermékek átalakítása, gazdaságosabb esetben termékként történő újrahasznosítása, hanem az energia átalakítás hatásfokának növelése. Mert a fokozódó energiahiány ellenére energiatermelésünk az élő szervezetek energiahasznosításához képest még mindig rendkívül pazarló. Nemcsak azért, mert számtalan helyen lehetne gazdaságosabb, hanem azért, mert az esetek többségében megjelenik a legnagyobb veszteséggel járó lépés, a hőtermelés. A jövő feladatai közé tartozik olyan kémiai-elektrokémiai reakciókon eljárások kidolgozása, amelyek az élőlényekhez hasonlóan az energia átalakulási lépések során kikerülnek a termikus energiát. Ehhez azonban nagyon jól kell ismerni az energia fajtáit, tulajdonságait és az átalakulás-átalakítás lehetőségeit.

#### **„Energiarendszertan”, az energia sokfélesége**

Nap mint nap hallunk nap-, szél-, vízi-, atom- sugárzási-, elektromos-, mágneses-, felületi-, termikus-, geotermikus-, kémiai- és biológiai energiáról. Vajon valóban ennyiféle van belőle vagy ugyanakkor a

valaminek különböző megnyilvánulásaival találkozunk? Egyáltalán, mi is az energia? Alapvető, mégsem tudjuk mi az. Csak használjuk. Éppolyan, mint a „gyümölcs”, van és mégse létezik.

Az ember régóta észleli, hogy környezetében az anyagi világ alapvetően két részre bontható: a mindennapi értelemben vett, testet öltő anyagra, és a megfoghatatlan, csak hatásain keresztül érzékelhető energiára. Mégis rendkívül hosszú idő telt el, míg ezek tulajdonságait valamelyest megismerhettük és rájöttünk, hogy a megfigyelt, önként lejátszódó vagy az előidézett jelenségeink az anyag és az energia kölcsönhatását jelentik.

A megismerés folyamata azért volt olyan hosszú, mert az energia éppoly sokoldalú, mint az anyag, és ráadásul nem olyan kézzelfogható. Nemcsak sok fajtája létezik, hanem nagyon változatosan viselkedik. Hol megmarad, hol elvészni látszik, pedig csak átalakul. Akár egyszerre is képes megmaradóan átalakulni és visszanyerhetetlenül eloszlani.

Persze az anyag tulajdonságainak megismerésében a kézzelfoghatóság sokat segített. Proust, Dalton és Avogadro mérései, és nem utolsósorban ötletei nyomán az 1800-as évek elejére már tisztázódtak a vegyülés aránytörvényei, míg az energia terén csak kialakulóban voltak a fogalmak. Ezért nem véletlen, hogy Newton az érzékelhető és jól mérhető erő oldaláról közelítette meg a kölcsönhatást, és nem bonyolódott bele az "eleven erőről", vagyis az energiáról folytatott vitákba.

Lavoisier 1777-ben hiába látta tisztán az égés feltételeit és folyamatát, a kémia a hőmérséklet mérhetőségéig, valamint a fajhő és az átalakulási hő fogalmának kialakulásáig a felhasználáson kívül nem nagyon tudott mit kezdeni a reakciók során felszabaduló energiával. A flogiszonelméletet megbuktató tömegmegmaradás kimondása pedig egy időre elterelte a figyelmet a valóban távozó energiáról. Így az energiát még a XIX. században anélkül hasznosították, hogy tudták, értették volna, hogy mi is az. Ennek ellenére igen sokféle átalakítását fedezték fel.

A megértés folyamata több szálon indult el, és a tapasztalat sokáig előzte meg a magyarázatot. Hosszú idő telt el, amíg az egymástól függetlennek látszó jelenségekben felfedezik a hasonlót, az általánosítható, vagyis a törvényszerű viselkedést. Ezért nem véletlen, hogy az energiával kapcsolatos fogalmaink kialakulása ipari forradalom korára esett. Az egymástól függetlenül kialakuló és fejlődő tudományterületeket pedig tulajdonképpen az energiafajták egymásba történő átalakíthatósága fonta össze.

Az 1. táblázat az energia felhasználásának, az energiafajták átalakításának valamint az energiával kapcsolatos fogalmak fejlődésének legnevezetesebb történelmi eseményeit foglalja össze. A bekezdések elősegítik nyomon követni egy-egy tudományterület fejlődését is.

#### 1. táblázat: Az energia fogalmának rövid fejlődéstörténete

kb. 700 ezer éve (*alkalmazás*) az ember elkezd használni a TŰZET.

Kr.e. 3600 körül (*alkalmazás*) a fémkohászat kezdete

Kr.e. 2400 körül (*alkalmazás*) Egyiptomban fűjtatót alkalmaznak a tűz hőmérsékletének emelésére.

Kr.e. 495-435 (*hőtan*) Empedoklész a szeretet és a gyűlölet elvével értelmezi a kémiai reakciók során bekövetkező átalakulásokat.

Kr.e. 340 körül (*hőtan*) Arisztotelész négy őseleme közül az egyik a TŰZ, ami mai szemmel az energiát testesíti meg.

1044 (*alkalmazás*) Huo'pan a salétromos lőpor robbanása során keletkező gázok feszítő erejét alkalmazza a korabeli fegyverkészítésben.

1600 körül (*hőtan*) Bacon arra a következtetésre jut, hogy a hő nem lehet más, mint mozgás.

1644 (*mechanika*) Descartes körvonalazza a mozgásállapot megváltozásának törvényszerűségeit

1666 (*mechanika*) Newton az erő segítségével leírja a mozgásállapot-változás törvényét. Felfedezi a testek egymásra hatásának kölcsönösségét és az első alapvető kölcsönhatást, a tömegvonzást. A kölcsönhatást inkább a mérhető erő / ellenerő segítségével értelmezi, és nem az energiával. A testek tehetetlensége elvében valójában már az energiamegmaradás elve is ott rejlik.

1682 (*sugárzás*) Mariotte felfedezi, hogy a hő nemcsak vezetéssel, hanem sugárzással is terjedhet. A különböző elméletek azonban sokáig elterelik a figyelmet a később hőmérséklet sugárzásként megismert jelenségről.

1686 (*mechanika*) Leibniz megkülönbözteti egymástól a helyzeti és a mozgási energiát és kimondja az összegük, a "force vive absolute" (abszolút eleven erő), mai szóval a mechanikai energia megmaradásának tételét.

(*hőtan*) A rugalmatlan ütközések során a mozgási energia látszólagos elvesztését már az energia átalakulásával, pontosabban

- az energiának a testet alkotó részecskékre történő eloszlásával értelmezi.
- 1689 *(technika)* Papin felfedezi a gőz tágulásában rejlő lehetőséget, és megalkotja az első dugattyús gőzgépet, amely a molekulák rendezetlen hőmozgását képes rendezett mozgássá alakítani.
- 1714-42 *(hőtan)* Fahrenheit, Réaumur, Celsius a hőtágulás jelenségét alkalmazva hőmérőt készítenek. Ezzel lehetővé válik a hőmérséklet mérése, ami a hőtan megkészt, de gyors fejlődéséhez vezet.
- 1756-66 *(hőtan)* Black mérései alapján bevezeti a fajhő és az átalakulási (latens) hő fogalmát, megkülönbözteti egymástól a hőt és a hőmérsékletet, de a hőt még a folyadékokhoz hasonló fluidumnak, vagyis „anyagnak” és nem energiának tekinti.
- 1760-69 *(technika)* Watt tökéletesíti a gőzgépet (ipari forradalom).
- 1781 *(elektromosság)* Galvani felfedezi, hogy a két különböző fémrel megérintett bécacomb rángásba jön.
- 1783 *(technika)* (technika) A Montgolfiére testvérek sikeresen bemutatják az első hőlégballont. Ezzel megvalósítják a termikus energia (gravitációs) helyzeti energiává alakítását.
- 1793 *(elektromosság)* Volta létrehozza az első galvánelemt, ami a kémiai energiát elektromos energiává alakítja.
- 1798 *(mechanika)* Thompson (Lord Rumford) híres ágyúfűrási kísérletével a mechanikai energiát mérhető módon alakítja hővé.  
*(hőtan)* Megállapítja, hogy a „hőanyag” súlya mérhetetlenül kicsi, ezért a hőt a részecskék belső mozgási energiájának tulajdonítja.
- 1799 *(hőtan)* Davy a jeget összedörzsöléssel olvasztja meg, ezzel is a mechanikai energia hővé alakíthatóságát igazolja
- 1807 *(technika)* Fulton megépíti az első gőzhajót („Clermont”).
- 1810 körül *(termokémia)* Berthollet kísérletei a kémiai átalakulásokat kísérő termikus jelenségekkel (a "kémiai" energia hővé alakulása).
- 1814,1829 *(technika)* Hedley majd Stephenson gőzmozdonyt épít („Puffing Billy” ill. „Rocket”).
- 1821 *(technika)* Faraday létrehozza az első elektromotort, amely az elektromos energiát mechanikai energiává alakítja.
- 1824 *(hőtan)* Carnot a vízi erőgépek működésének analógiájára megadja a "hőanyag" mechanikai munkavégző képességének (mai megfogalmazással a hő mechanikai energiává alakíthatóságának) mértékét, a gőzgépek (később pedig a hőerőgépek) hatásfokát. Ez

- a hatásfok csak a hőcsere folyamatára vonatkozik. A helytelen alapokon nyugvó elképzelés a megmaradási elv alkalmazása miatt vezet mégis helyes végeredményhez.
- 1827 *(molekuláris háttér)* Brown a víz felszínére helyezett pollenek mozgását a vízmolekulák rendezetlen hőmozgásával értelmezi.
- 1829 *(mechanika)* Poncelet megfogalmazza a munkatételt, mely szerint a külső erők munkája a mechanikai energia megváltozására / megváltoztatására fordítódik.
- 1833 *(elektromosság)* Faraday felfedezi az elektrolízis törvényszerűségeit. Ezzel megvalósul az elektromos energia kémiai energiává történő átalakítása.
- 1839 *(technika)* Grove megalkotja az első tüzelőanyag-cellát.
- 1840 *(termokémia)* Hess kimondja, hogy az összességében felszabaduló termikus energia (hő) független a reakció sebességétől és attól, hogy hány lépésben játszadjuk le a reakciót. Ezzel valójában már az energia megmaradás elvét fogalmazza meg a kémiai reakciókra (a "kémiai" energia átalakulása hővé).
- 1841 *(hőtan)* Joule felállítja az elektromos áram hőtermelésére, vagyis az elektromos energia hővé történő átalakítására vonatkozó törvényét.
- 1843 *(hőtan)* Kiméri a mechanikai energia hőegyenértékét, felismeri az energiamegmaradás törvényét.
- 1842 *(hőtan)* Robert Mayer megfigyeli, hogy a trópusi vizekenpirosabb a matrózok vére, mint a hidegebb éghajlatú területeken. Ebből a „biológiai” energiatermelés különböző mértékére következtet.
- 1845 *(hőtan)* Értelmezi a gázok kiterjedése során bekövetkező hőmérsékletváltozást, vagyis a végzett mechanikai munka és a hő viszonyát. Felfigyel arra, hogy állandó térfogaton kevesebb hő szükséges ugyanazon hőmérséklet eléréséhez, mint állandó nyomáson. Az állandó térfogaton és az állandó nyomáson mért fajhők különbözőségéből következtet a mechanikai energiává alakuló hő mennyiségére. Felismeri az energiamegmaradás törvényét.
- 1847 *(termodinamika)* Helmholtz a sokféle energiaátalakulás ismeretében általánosítja az energiamegmaradás törvényét. Megfogalmazza a termodinamika első főtételét.

- 1848 *(technika)* Lundström a vörös foszfor alkalmazásával elkészíti az iniciálás, vagyis az egymást követő exoterm folyamatok elvén működő biztonságos gyufát.
- 1851 *(termodinamika)* Thomson (Lord Kelvin) kimutatja, hogy a Carnot által alkalmazott megmaradási elv az energiára vonatkozik, ezzel ő is kimondja az energiamegmaradás törvényét.
- 1860 *(technika)* Leclanche létrehozza a "száraz" elemet.
- 1861 *(technika)* Jedlik Ányos megalkotja a dinamót. Az indukció segítségével a mechanikai energia elektromos energiává alakítható.
- 1852 *(technika)* Giffard léghajót szerkeszt.
- 1862 *(technika)* Lenoir belsőégésű gázmotort szerkeszt.
- 1863 *(technika)* Nobel felfedezi az iniciáló-gyújtást; mely során például az ütésre beinduló exoterm folyamat a másik, robbanáshoz vezető reakciót indítja be.
- 1865 *(termodinamika)* Clausius törvénnyé emeli azt a tapasztalatot, hogy egy test hőmérséklete önként sohasem csökken környezete hőmérséklete alá. Vagyis a hő magától nem áramlik a hidegebb testről a melegebb felé. Ebből arra következtet, hogy a termikus energiának van egy el nem vonható, „kötött” hányada. Az energiamegmaradás törvényének következményeként megállapítja, hogy ha egy adott (állandó) hőmérsékleten a „kötött” termikus energia mennyisége állandó, akkor az átadható hányadnak is állandónak kell lennie.
- 1866 *(molekuláris háttér)* Maxwell összefüggést talál a nagy számú részecske egyedi sebessége, átlagos mozgási energiája és a gáz egészének makroszkopikus viselkedése között. Megállapítja, hogy annak ellenére, hogy a molekulák sebessége különböző, az egymástól független mozgásirányokra ill. mozgáslehetőségekre (szabadsági fokokra) átlagosan ugyanannyi energia jut (az ekvipartíció elve).
- 1877 *(molekuláris háttér)* Boltzmann a részecskék között kialakuló energia-eloszlást a valószínűségszámítás oldaláról közelíti meg. Megállapítja, hogy a termikus folyamatok önként a rendelkezésre álló (kötött) energia legvalószínűbb eloszlása irányában játszódnak le. Érthetővé válik, hogy a folyamatok irányát az energia eloszlása is befolyásolja.

- 1879 *(sugárzás)* Stefan és Boltzmann összefüggést talál a testek hőmérséklete és a testek által kisugárzott energia között (a hőmérsékleti sugárzás törvényszerűsége).
- 1880 *(technika)* Edison kifejleszti a hőmérsékleti sugárzáson alapuló izzólámpát.
- 1882 *(termodinamika)* Helmholtz a kötött energia ellentétéként bevezeti a szabadon átalakítható energia fogalmát (szabad energia).
- 1883 *(termodinamika)* van't Hoff már nemcsak a hőcsere hatásfokára kíváncsi, hanem az energia átalakulás folyamatát kiterjeszti magát a hőt termelő kémiai reakcióra is. Ezáltal először alkalmazza az energiamegmaradás és Clausius törvényét egymást követő folyamatokra. A sorozatos energiaátalakulási lépések esetében egyenesen a kémiai reakcióból / energiából vezeti le a munkavégzésre hasznosítható energiahányadot, a maximális hasznos munkát. Bevezeti a szabad entalpia fogalmát. Ettől kezdve a hőtan és a kémia elválaszthatatlan egymástól.
- 1885 *(technika)* Benz első benzinmotoros autója.
- 1886 *(elektromosság)* Hertz a töltések nagyfrekvenciájú rezgőmozgásával az elektromos energiát sugárzási energiává (elektromágneses sugárzássá) alakítja.
- 1895 *(elektromosság)* Röntgen felfedezi a róla elnevezett sugárzást, ezzel megvalósul az elektromos energia nagyenergiájú sugárzássá alakítása.
- 1900 *(sugárzás)* Planck tisztázza, hogy a sugárzás formájában terjedő energia a látszattal ellentétben nem folytonos eloszlású, hanem meghatározott energiájú adagokból, kvantumokból áll, melyeket Einstein a látható fény esetében, a fényelektromos effektus nyomán fotonoknak nevez el.
- 1900 *(technika)* Einthoven létrehozza az első bioelektromosságot mérő készüléket, az elektrokardiográfit (EKG).
- 1901 *(technika)* Marconi létrehozza a rádiót.
- 1903 *(technika)* Wright fivérek repülése az első benzinmotoros repülőgéppel.
- 1903 *(technika)* Ciolkovszkij ismerteti a rakétameghajtás elvét, amely az áramló reagensekkel megvalósított magas hőmérsékletű kémiai reakción és az impulzusmegmaradás tételén alapul. A nagy sebességgel kiáramló égéstermék molekulák egyirányú (rendezett) mozgása ellentétes elmozdulást biztosít.



- 1906 (*termodinamika*) Fletcher és Hopkins felismeri a szőlőcukor lebontás és a biológiai energiatermelés (az izommunka) kapcsolatát.
- 1930 (*technika*) Van de Graaff megalkotja a róla elnevezett töltésfelhalmozó generátort, melyek az első generációs részecskegyorsítókka váltak.
- 1930 (*technika*) Pabst ill. Whittle feltalálják a sugárhajtóművet
- 1934-38 (*bioenergetika*) Embden, Meyerhof és Parnas összefoglalja a szőlőcukorból anaerob körülmények között történő energiatermelés egymásra épülő reakciósorozatát (glikolízis).
- 1937 (*bioenergetika*) Szent-Györgyi és Krebs kutatásai nyomán ismertté válik az aerob energiatermelő folyamatsor glikolízist követő, citromsavciklusnak nevezett szakasza.
- 1938 (*anyaszerkezeti háttér*) Weizsacker, Bethe és Critchfield megfejtik a csillagok energiatermelő fúziós folyamatait.
- 1942 (*technika*) Fermi vezetésével első ízben sikerül szabályozott módon lejátszatni a maghasadási láncreakciót. Ezzel megnyílik a lehetőség az atomreaktorok tervezésére, a nukleáris energia termikus ill. elektromos energiává történő átalakítására.
- 1945 (*technika*) Az első atombomba, amelyben a nukleáris láncreakciót egy egymásra épülő, iniciáló reakciósor indítja be.
- 1957 (*technika*) Az első szputnyik fellövése.
- 1961 (*technika*) Gagarin űrrepülése.
- 1961 (*technika*) Az emberi test hőmérsékleti sugárzását észlelő termográfiai módszer kidolgozása.
- 1961 (*bioenergetika*) Hatefi, Green valamint Mitchell kutatásai alapján kialakulnak az aerob energiatermelés mitokondriumokban lejátszódó, befejező szakaszára, a terminális oxidáció lépéseire vonatkozó elképzelések.
- 1965 (*sugárzás*) Penzias és Wilson felfedezik a legkisebb energiájú kozmikus hőmérsékleti sugárzást, a mikrohullámú háttérsugárzást.
- 1967 (*technika*) Wankel létrehozza a bolygódugattyús belsőégésű motort.  
(*technika*) Hounsfield hozzákezd a rétegenként felvett röntgenfelvételek számítógépes feldolgozásának megoldásához (computeres röntgentomográfia).
- 1976 (*technika*) Az első diesel VW Golf

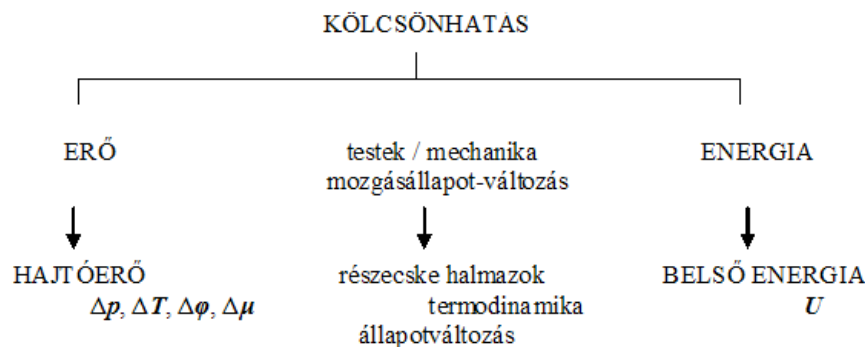
- 1981 (*technika*) Az első űrsikló repülése, nagyteljesítményű hordozórakéták kifejlesztése.
- 1982 (*technika*) Az első turbo-diesel VW Golf
- 1984 (*technika*) Az első személyi sugárhajtómű alkalmazása az űrséta során.
- 2000-es évek (*technika*) Kísérletek a hidrogén üzemű, tüzelőanyag-cellás meghajtásra.

A tudománytörténeti események elemzésével az alábbi tanulságok vonhatók le.

A kölcsönhatást először a mechanika írta le. Mivel ez eredményesnek bizonyult, a mechanika szemlélete minden más tudományágban megjelenik.

A mechanika a kölcsönhatást az erő (Newton) és az energia (Leibniz) oldaláról közelíti meg. Ez a tárgyalási mód az összes kölcsönhatás (mechanikai, termikus, elektromos, kémiai) esetére általánosítható. Így minden kölcsönhatáshoz erőt, illetve hajtóerőt és energiafajtát rendelhetünk (termikus energia, elektromos energia, kémiai energia stb.).

Amíg a testek mozgásállapot változását egy külső erő /eredő erő idézi elő, addig a halmazok (a részecske sokaság) világában az állapotváltozás oka egy hajtóerő (nyomáskülönbség  $\Delta p$ , hőmérsékletkülönbség  $\Delta T$ , elektromos potenciálkülönbség  $\Delta \varphi$ , kémiai potenciálkülönbség  $\Delta \mu$ ) megjelenése.



Amíg a testek mechanikai vagy összenergiája a gravitációs kölcsönhatásból származó helyzeti energiából ( $mgh$ ) és a mozgási energiából ( $\frac{1}{2}mv^2$ ) tevődik össze, a részecske halmazok összenergiája, vagyis belső energiája ( $U$ ) a parányi testecskék kölcsönhatásából és mozgási energiájából adódik össze.

$$\text{mechanika} \quad E(\text{össz}) = E(\text{mechanikai}) = E(\text{helyzeti, vagy kölcsönhatási}) + E(\text{mozgási}) \\ E(\text{mechanikai}) = mgh + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\text{halmazok} \quad E(\text{össz}) = U(\text{belső energia}) = \Sigma E(\text{kölcsönhatási}) + \Sigma E(\text{mozgási})$$

A testek esetében a mozgásállapot-változás energiaigényét a végzett munka ( $W$ ) fedezi (munkatétel, Poncelet). A halmazok energiaváltozása sokoldalúbb: A rendszer belső energiája ( $\Delta U$ ) a munkavégzésen ( $W$ ) túl hőcserével ( $Q$ ) is változhat (Helmholtz, a termodinamika első főtétele).

$$\text{mechanika} \quad W = \Delta E(\text{össz}) = \Delta E(\text{mechanikai}) = \Delta E(\text{helyzeti}) + \Delta E(\text{mozgási})$$

$$\text{halmazok} \quad Q + W = \Delta U = \Delta E(\text{össz}) = \Sigma \Delta E(\text{kölcsönhatási}) + \Sigma \Delta E(\text{mozgási}) \\ \text{makroszkopikus fogalmak} \quad \text{„}W\text{”} \quad \text{mikroszkopikus háttér} \quad \text{„}Q\text{”}$$

A termodinamikai rendszerekben lejátszódó folyamatokat a sebesség oldaláról, a hajtóerőkkel is megközelíthetjük. A forró tea, kakaó, étel kihűl, a bekötetlen léggömb, a kilyukadt labda leenged, a tartós elem is kimerül, a folyamatok előbb-utóbb leállnak. A forró tea azonban sohasem lesz hidegebb a környezeténél, a leeresztett léggömbben is marad valamennyi levegő (a fala nem lapul össze), és a lemerült elemben önként nem választódnak szét újra a töltések. A folyamatok önként csakis addig játszódnak le, amíg a hőmérséklet, a nyomás ill. az elektromos potenciál (a kölcsönhatásra jellemző fizikai mennyiség) ki nem egyenlítődik. Az önként lejátszódó folyamatok hajtóerejét tehát kiegyenlítődéssre törekvő (intenzív) állapotjelzők különbözősége jelenti.

A testek, halmazok, amelyek egyúttal részecskékből álló rendszerek is, nemcsak külső, hanem belső mozgásállapotuk (belső energiájuk) megváltozása szempontjából is tehetetlenek. Ahogy külső erő hiányában a testek megőrzik mozgásállapotukat, hajtóerő hiányában a részecske-rendszerek állapota sem változik. A „tehetetlen” rendszerek az aktuális kölcsönhatás szempontjából egyensúlyba kerülnek. Kiegyenlített

nyomás esetén mechanikai-, hőmérséklet esetén termikus-, elektromos potenciál esetén elektromos-, kémiai energia (potenciál) esetén pedig kémiai egyensúlyba.

#### *Mechanikai kölcsönhatás*

A szén-dioxid patronban összesűrített gáz kiterjedése során modelleket mozgat, a nagy nyomású gőz gépet, mozdonyt, turbinát hajt meg, a robbanómotorok hengerében kiterjedő gáz járműveket hoz mozgásba. A nagy nyomású gáz tágulása során (térfogati) munkát végez, a tartósan fenntartott nyomáskülönbség pedig energiát raktároz (például a szén-dioxid patron, a sűrített levegő). A halmazok mechanikai kölcsönhatásában a nyomás és a térfogat játszik szerepet. A nyomás kiegyenlítő (intenzív), a térfogat összeadó (extenzív) mennyiség. A térfogati munka ( $p\Delta V$ ) során a nyomáskülönbségben rejlő energia alakul át mechanikai energiává.

#### *Termikus kölcsönhatás*

Amíg a mechanikai kölcsönhatás során impulzus- (lendület) változás történik, a termikus kölcsönhatás során a részecskék mozgási energiája a főszereplő. Boltzmann nyomán a részecskék átlagos mozgási energiája arányos a (kelvinben megadott) hőmérséklettel: –

$$E(\text{átlagos mozgási energia}) = 3/2 kT$$

Ez alapján az ideális gázok belső energiája egyenlő a részecskék mozgási energiájának összegével: –

$$U = \Sigma E(\text{mozgási}) = N_A E(\text{átlagos mozgási energia}) = 3/2 N_A kT = 3/2 RT$$

Mivel a molekulák összetettek, nemcsak a testekhez hasonló haladó és forgó mozgást végeznek, hanem a „belső mozgásuk” (például rezgő mozgás, esetleg elektrongerjesztés) is megjelenhet. A forgás és a rezgés, vagy az elektronok energiája azonban csak adagokban, kvantumosan változhat. Ez a magyarázata annak, hogy a hő kettős természetű. A Boltzmann-féle rendezetlen mozgási energia és a Planck-féle sugárzási energia ( $E = h\nu = hc/\lambda$ ) formájában is cserélhető. Az ütközések során a mozgásmennyiséggel a mozgási energia is változik, míg a megfelelő energiakvantumok (fotonok), vagyis a hő- vagy infravörös sugárzás elnyelésével ill. kibocsátásával a belső mozgás intenzitása változik meg.

A termikus kölcsönhatásban a rendszereket a hőmérséklettel és a rendelkezésre álló energiának a szabadsági fokokon történő eloszlásával (az entrópiával) jellemezzük. Amíg a hőmérséklet intenzív mennyiség, az entrópia a szabadsági fokok összeadásán keresztül additív, extenzív mennyiség.

### *Elektromos kölcsönhatás*

Az elektromos töltések vonzásából és/vagy taszításából származó kölcsönhatási energiát az elektromosságtan röviden potenciálnak nevez. Az ellentétes töltések szétválasztása - a közöttük ébredő vonzóerő miatt - munkát igényel (dörzselektromosság, influenciagép, van de Graaf-féle generátor). A tartósan szétválasztott töltések elektromos energiát tárolnak (feltöltött kondenzátor). A töltésvándorlásnak (az elektromos áramnak) a helyzeti energia különbség / potenciálkülönbség, röviden a feszültség a hajtóereje. Ezért az elektromos kölcsönhatásetben a potenciál a kiegyenlítő és a töltés az összeadó jellegű mennyiség.

### *Kémiai kölcsönhatás*

Mi a helyzet a kémiai reakciókkal? A kémiai reakciók között viszonylag ritka az önként lejátszódó folyamat. Az esetek többségében a reakciót be kell indítani és csak ezután folytatódik önként, mint pl. az asztali vulkán, az ammónium-bikromát termikus bomlása esetében. A nitrogén-monoxid a levegővel (oxigénnel) érintkezve önként barnul meg. De a gyufa (amióta vörös foszforral gyártják) sohasem gyullad meg magától.

Egyes kémiai reakciók során rendkívüli mértékben megnőhet a nyomás (ld. robbanószerek alkalmazása). Még egy egyszerűnek látszó sav-bázis reakció, a mész oltása során is változik a hőmérséklet. No és ott vannak az ionreakciók, amikor elektromos töltéssel rendelkező részecskék reagálnak egymással (pl. az ólom-nitrát vagy a higany-nitrát és a kálium-jodid oldatok összeöntésekor lejátszódó ionreakciók).

A kémiában éppen az a szép, hogy nemcsak az anyag, hanem a kémiai reakció is sokoldalú! Pontosabban fogalmazva: Az anyag sokoldalú tulajdonságaiból következően szükségszerű, hogy a kémiai reakciók mögött is sokoldalú változás rejlik. Egyszerre jelenhet meg a mechanikai, a termikus, az elektromos kölcsönhatás, és a kémiai kölcsönhatás mégsem azonos egyikkel sem! Nem, mert a lényegi változás az alacsonyabb szerveződési szinten, az elektronok szintjén következik be. És miután a lényeg, az elektronok átrendeződése befejeződik, elkezdődik az energia átalakulási sorozata, hogy végül olyan formában jelenjen meg, amelyet a környezet vagy a feltalálók által tervezett rendszer „kényszere” engedélyez (ld. gőzgép, robbanómotor, rakétamotor ill. energia átalakító eszközök). Mindez azt jelenti, hogy valójában egyetlen kémiai reakció is összetett folyamat, amelyben az elektronátrendeződést megelőző és követő lépések egymásra utaltak, ezért szorosan egymásra épülnek. Ezért a

„kémiai energia”, szükségszerűen összetett fogalom, ami a színre lépő kölcsönhatásokon kívül a rendszerre és az energia eloszlására vonatkozó információkat is hordozza. Hiszen a kémiai kölcsönhatás intenzív paramétere a kémiai potenciál ( $\mu = G/n$ ), amit a munkavégzés céljából maximálisan hasznosítható energiából (a szabadentalpia-változásból) származtatnak. Az ehhez tartozó energia jellegű fogalom a van't Hoff által bevezetett szabadentalpia, ami az izoterm és nyílt rendszerre a mechanikai és termikus kölcsönhatására vonatkozó energiatagokat tartalmazza:

$$G = U + pV - TS, \quad \text{illetve} \quad \Delta G = \Delta U + p\Delta V - T\Delta S.$$

A belső égésű motorok esetében a gőzgéphez képest a hengerben kémiai reakció játszódik le, mely következtében megváltozik a munkát végző gáz anyagi minősége, szerkezete. Ezzel megváltozik a molekulák belső mozgásának lehetősége (szabadsági foka), ezen keresztül az energia eloszlásának lehetősége, amit a termikus kölcsönhatásra jellemző tag, az entrópiatag ( $T\Delta S$ ) vesz figyelembe.

### *Az energia sokoldalúsága*

A kezdeti félelmét legyőző ősember még csak azt tudhatta, hogy mértékkel érdemes a közelébe húzódni. Nem is tudott róla, de már átalakította egyes fajtáit. A kő, a lándzsa elhajításakor a szőlőcukor biológiai oxidációja fedezte a végzett munka energiaszükségletét.

### *A megmaradó energia*

Az új lehetett az első energia átalakító eszköz. A megmaradó átalakulást még csak tapasztalták, amikor a megfeszített íjban a célzás időtartamára raktározódó energia (izommunka) az ellövés pillanatában a nyílvevesszőbe költözött. Az energia fontossága, alkalmazhatósága hamar tudatosult. Az egyiptomiak (a Nap energiáját) istenként tisztelték. Arisztotelész (a tüzet) az egyik őselemnek tekintette. Leibniz eleven erőnek, Boyle találóan „tűzrészecskéknek”, Stahl az égés során távozó flogiszonnak vélte. A szántó-vető, a kovács, a bányász praktikus munkavégző képességnek tekintette. A XIX. századtól válik egységesen energiává, de még ma sem tudjuk megmagyarázni, hogy mi az. Történetéhez hasonlóan, mi is csak a használat közben, a tapasztalatok gyűjtögetésével alkotunk fogalmat róla. A zavarba ejtően sokféle megjelenés ellenére szerencsére az azonos viselkedés, a közös tulajdonság mégis átláthatóvá tette/teszi a sokoldalú viselkedést. Bár egyelőre sem

létét, sem tulajdonságait nem tudjuk okokra visszavezetni, tulajdonságai olyan alapvetők, hogy megismerésük óta természeti törvényekké váltak.

#### *Az elveszni látszó energia*

A látszat rabságában az energiát jelképező mozgás elvész. Az arisztotelészi világképben ez úgy fogalmazódik meg, hogy a mozgás fenntartása érdekében még az égitesteket is mozgatni kell.

A megmaradást - a mozgásállapot megmaradását - először Newton mondja ki. Igaz ugyan, hogy a tehetetlenség törvényében az energia még nem szerepel, de a mozgásállapot "megtartása" egyúttal a sebesség, és ezen keresztül a mozgási energia állandóságát is jelenti. A tehetetlenség törvénye tehát (az energia szemléletben) a mozgási energia megmaradásával egyenértékű.

#### *Az átalakuló energia*

Az energiasajtó egymásba történő átalakulását először szintén a mechanikai jelenségekben, például a sokat vizsgált inga mozgása során követték nyomon. A helyzeti és a mozgási energia átalakulása során összegük, a mechanikai energia állandóságát, ezzel az átalakulás megmaradó jellegét Leibniz ismerte fel.

A mechanikai energia megmaradása azonban csak ideális esetben teljesül, ha a súrlódásból vagy közegellenállásból adódó veszteségektől eltekintünk. A felismerésnek mégis van valóságtartalma. Hiszen légüres térben a Nap körül keringő bolygókra vagy az atommag által fogva tartott elektronokra nem hat sem súrlódás, sem közegellenállás.

A súrlódás közben elveszni látszó energiát Rumford mutatta ki. Úgy gondolta, hogy fűrés közben a mozgási energia nem vész el, csak átalakul, hővé válik. Ezért melegszik fel az ágyúcső. Mivel a „hőanyag” tömegét mérhetetlennek találta, úgy gondolta, hogy a hő nem lehet más, mint a testet felépítő részecskék mozgási energiája.

A XVII-XVIII. század technikai vívmányai az energia sokoldalú átalakulási lehetőségeinek felfedezéséhez vezetnek. Már megszületik a hőerőgép, a galvánelem, az elektromotor, a dinamó, amikor a hőről még mindig keveset tudnak. A tudományterületeken párhuzamosan folynak az aprólékos mérések. Kezdetben csak a kísérletek megismételhetőségét, a mért adatok közötti összefüggések állandóságát fedezték fel. De hamarosan kiderült, hogy a mérések minden esetben az energia megmaradását bizonyították.

A Boyle-Mariotte törvény ( $pV = \text{állandó}$ , ha  $T$  állandó) egyelőre rejtett formában, a gázokra mondja ki a mechanikai energia ( $pV$ ), vagyis a

belső energia állandóságát. Hiszen a hőmérséklet állandósága miatt a részecskék átlagos mozgási energiája, és ezzel az összegük is állandó. A Gay-Lussac törvények feltárt állandósága mögött ( $V/T = \text{állandó}$ , ha  $p = \text{állandó}$  ill.  $p/T = \text{állandó}$ , ha  $V = \text{állandó}$ ) a megismételhetőség, az energia megmaradó átalakulása rejlik.

A hőerőgépek megjelenésével munkába fogják a hőt. A hő mozgási energiává történő alakítása során a mechanikai energia megmaradásának elvét Carnot alkalmazza először. Az energiamegmaradás törvényét a tágulási jelenségekre azonban Robert Mayer mondja ki, a Gay-Lussac törvények elemzése alapján. De még ez a törvény sem általános érvényű, hiszen csak a hő átalakítására, mechanikai hasznosítására vonatkozik.

Az energia történetében a kémia megkésve, csak a gőzgépek megjelenésekor lép színre. Mert hiába nevezik ezeket hőerőgépeknek, ha a hőt kémiai reakció termeli, és kémiai energiahordozóktól származik. Az atomok kölcsönhatásában rejlő kémiai energia hővé történő átalakulására Hess mondja ki a megmaradás törvényét.

Joule az elektromos áram hőtermelésére igazolja az energia megmaradó átalakulását. Rumford elképzelésének befejezéseként pedig kiméri a mechanikai munka hőegyenértékét is.

Miután az elődök kölcsönhatás páronként bebizonyították az átalakulás megmaradó jellegét, Helmholtz általánosítja az energiamegmaradás törvényét. Ekkor születik meg az energia kölcsönhatástól már elvonatkoztatott fogalma.

#### *A cserélhető energia*

Leibniz, majd Rumford feltételezte, hogy az elveszni látszó energia a testet alkotó részecskék mozgási energiájává alakul, és a részecskék között oszlik el. Maxwell és Boltzmann (a kinetikus gázelmélet kidolgozásakor) a sorozatos ütközések során bekövetkező impulzuscserevel képzelte el a mozgási energia változását, ezzel az energia átadását és fokozatos eloszlását. A cserélhető energiával megjelenik az energia-eloszlás lehetősége és kiderül a fontossága is (entrópia).

#### *Az osztható energia*

Ha valami eloszlik, akkor annak oszthatónak kell lennie. Már Mariotte feltételezte, hogy a hő sugárzással is terjedhet. Boyle megfigyelte, hogy a „tűzrészecskék” az üvegen áthatolva is képesek tüzet gyújtani. Az energia ilyen típusú megjelenését azonban csak akkor



kezdték komolyan venni, amikor Hertz előállította az elektromágneses hullámokat, és ezzel az elektromos energiát sugárzási energiává alakította.

Az elektromágneses hullámok felfedezése után Planck a testek által kibocsátott hőmérsékleti sugárzás keletkezését is a töltéssel rendelkező részecskék rezgő mozgására vezette vissza. Elképzelése szerint - a rezgő húrhoz hasonlóan - minden egyes rezgési állapothoz meghatározott frekvencia és energia tartozik. Az alapállapotba történő visszatéréskor, vagyis a rezgési gerjesztett állapot megszűnésekor ez az energia sugárzódik ki a meghatározott energiájú adagokban ( $E = h\nu$ ). Mariotte sugárzásában terjedő Boyle-féle „tűzrészecskéket” Planck nyomán Einstein fotonoknak nevezte el. Ezzel kiderült, hogy az energia nemcsak eloszlik, hanem kvantumokban is osztható. Az elektromágneses sugárzásban rejlő energia a kvantumok elnyelődésével „költözik” az anyagba.

A biológiai energiatermelés megismerése során derült ki, hogy nemcsak az elektromágneses sugárzás formájában terjedő energia kvantált. Hiszen az élő szervezetek egységesen az ATP (foszforilációs) reakciói során felszabaduló energiát, a „biológiai energia kvantumát” hasznosítják.

# GONDOLKODÓ



## Feladatok kezdőknek

Alkotó szerkesztő: Nadrainé Horváth Katalin  
katalin.nadrai@gmail.com

Az előző forduló megoldásai

### K136. Megoldás

A gáz betűjele	Képlet	Átlagsebesség	Oldhatóság
A	CO <sub>2</sub>	408	0,169
B	H <sub>2</sub>	1910	$1,6 \cdot 10^{-4}$
C	N <sub>2</sub> vagy CO	511	$1,9 \cdot 10^{-3}$
D	HCl	430	72,1

Az **A** gáz a **CO<sub>2</sub>**, mert a szilárd szén-dioxidot nevezzük szárazjégnek. A **B** gáz a **H<sub>2</sub>**, mert csak ez lehet kisebb moláris tömegű a héliumnál. A kisebb tömegű hidrogénmolekulák ugyanis gyorsabban áramlanak kifelé a ballon apró pórusain át, mint ahogyan a nehezebb héliumatomok befelé, így a részecskeszám csökkenése térfogatcsökkenést eredményez. A **C** gáz moláris tömege:  $M(C) = d \cdot M(H_2) = 14 \cdot 2 \text{ g/mol} = 28 \text{ g/mol}$ , ami lehet a **szén-monoxid** (CO) és a **nitrogén** (N<sub>2</sub>) is. Sem a részecskék sebessége (azonos tömeg), sem az oldhatóság (mindkettő apoláris molekula) alapján nem lehet megkülönböztetni a két gázt. A szökőkút kísérletet csak vízben nagyon jól oldódó gázok mutatják. Tanulmányaink során két ilyen gázzal találkoztunk: a hidrogén-kloriddal és az ammóniával. Ha nyílásával felfelé

tartott edényben foghatjuk fel, akkor **D** csak a **hidrogén-klorid** (HCl) lehet, mivel ennek sűrűsége (moláris tömege) nagyobb a levegőénél. Azonos hőmérsékleten a molekulák hőmozgásának annál nagyobb a sebessége, minél kisebb a molekulák tömege, így a moláris tömeg növekedésével a sebesség csökken. A hidrogén-klorid vízben nagyon jól oldódik, ezért a legnagyobb oldhatósági érték hozzá tartozik. A szén-dioxid ugyan apoláris molekulákból áll, de vízben nemcsak oldódik, hanem azzal kémiai reakcióba is lép, ezért oldhatósága jobb a fennmaradó többi gázénál. Maradt három apoláris molekula (CO vagy N<sub>2</sub> és H<sub>2</sub>), közülük a CO vagy N<sub>2</sub> oldhatósága jobb, mint a hidrogéné, mert nagyobb méretű molekulájukat a dipólusos vízmolekula könnyebben polarizálja.

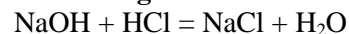
### K137. Megoldás

A két palackra felírva az állapotegyenletet [ $V(1) = V(2) = V$ ,  $T(1) = T(2) = T$  és  $m(1) = m(2) = m$ ]:

$$p(1) \cdot V = \frac{m}{M(1)} R \cdot T \quad \text{illetve} \quad p(2) \cdot V = \frac{m}{M(2)} R \cdot T.$$

A két egyenletet elosztva egymással:  $p(1)/p(2) = M(2)/M(1)$ , azaz a kétszer nagyobb nyomású palackban levő gáz moláris tömege fele akkora, mint a kisebb nyomású palackban levő gázé. Néhány lehetséges megoldás: SO<sub>2</sub> – O<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>S, HF (Ne) – Ar, H<sub>2</sub> – He, CH<sub>4</sub> – O<sub>2</sub>.

### K138. Megoldás



Kiindulás:  $x \text{ dm}^3 \text{ HCl}$  és  $x \text{ g NaOH}$

$$n(\text{HCl}) = \frac{x}{24,5} \text{ mol} \quad n(\text{NaOH}) = \frac{x}{40} \text{ mol}.$$

Mivel a nátrium-hidroxid anyagmennyisége a kisebb, ezért ez határozza meg a reagáló és keletkezett anyagok mennyiségét: reagál  $\frac{x}{40} \text{ mol NaOH}$

és HCl, keletkezik  $\frac{x}{40} \text{ mol NaCl}$ .

Az oldat tömege:  $= \frac{x}{24,5} \cdot 36,5 \text{ g HCl} + x \text{ g NaOH} + 1000 \text{ g víz} = (2,489$

$x + 1000) \text{ g}$

A só tömege:  $\frac{x}{40} \cdot 58,5 = 1,4625 x \text{ g.}$

Az oldat tömeg%-os összetétele:  $1,427 = \frac{1,4625x}{1000 + 2,489x} \cdot 100,$

amiből  $x = 10 \text{ dm}^3 \text{ HCl}$  és **10 g NaOH.**

A HCl tömege:  $\frac{10}{24,5} \cdot 36,5 = \mathbf{14,9 \text{ g.}}$

A HCl-felesleg:  $\frac{10}{24,5} - \frac{10}{40} = 0,1582 \text{ mol,}$  aminek a tömege:

$0,1582 \cdot 36,5 = 5,773 \text{ g.}$

Az oldat tömeg%-os összetétele HCl-ra:  $\frac{5,773}{1000 + 10 + 14,9} \cdot 100 = \mathbf{0,5633}$

**tömeg%.**

### K139. Megoldás

Az első vegyület csak nátriumból és az ismeretlen elemből áll.

Kiindulás: 100 g vegyület, benne 58,98 g nátrium és 41,02 g X elem található.

$n(\text{Na}) = \frac{58,98 \text{ g}}{23 \text{ g/mol}} = 2,564 \text{ mol.}$  Ha az ismeretlen elem

a) egyvegyértékű, akkor  $n(\text{Na}) = n(\text{X})$  és  $M(\text{X}) = \frac{41,02 \text{ g}}{2,5643 \text{ mol}} = 16 \text{ g/mol}$

lenne (nincs ilyen elem),

b) kétvegyértékű, akkor  $M(\text{X}) = \frac{41,02 \text{ g}}{2,5643 \text{ mol} \cdot 0,5} = 32 \text{ g/mol,}$  ez az elem

a **kén**, az első vegyület a **Na<sub>2</sub>S.**

A másik vegyületben a nátriumionok száma kétszerese az összetett ionénak: Na<sub>2</sub>S<sub>x</sub>O<sub>y</sub> és

$7 = 2 + x + 3$ , amiből  $x = 2$ . A vegyület tehát **Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,** a nátrium-tioszulfát.

A reakció egyenlete: **4 S + 6 NaOH = 2 Na<sub>2</sub>S + Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O.**

A hypo (nátrium-hipoklorit, NaClO) előállításának egyenlete:

$\text{Cl}_2 + 2 \text{ NaOH} = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}.$  A klór és a kén reakciója lúgokkal egyaránt **diszproporció**, azaz a redoxireakcióban ugyanaz az atom (elem) oxidálódik és redukálódik.

Lúgokkal olyan fémek reagálnak, melyek hidroxidjai (komplekképzés során) jól oldódnak vízben, ilyen például az alumínium, a cink vagy az ón.

**Zn + 2 NaOH + 2 H<sub>2</sub>O = Na<sub>2</sub>[Zn(OH)<sub>4</sub>] + H<sub>2</sub>.**

### K140. Megoldás

A salétromok a salétromsav szervesetlen sói, a timsó pedig egy egyszeres és egy háromszoros töltésű fémion szulfátja (kettős só): Me(I)Me(III)(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12 H<sub>2</sub>O. A timsót melegítve abból fém-oxid (pl. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), fém-szulfát (pl. K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), kénsav és víz keletkezik. A kénsav nem illékony erős sav, ezért felszabadítja sójából az illékonyabb (és gyengébb) salétromsavat, ami a hűtés hatására mint folyadék = „víz” lecsepeg a szedőedénybe. Ebben az időben tehát a folyadékokat nevezték víznek. A salétromsav azért kapta a választóvíz nevet, mert az ezüstöt oldja, az aranyat nem, így az ékszerészek a két fém szétválasztására használták. Ha szalmiáksót (NH<sub>4</sub>Cl) is adtak a rendszerhez, akkor a kénsavas közegben felszabadul az igen illékony sósav is, így salétromsav és sósav elegye csepeg a szedőedénybe, ami már az aranyat is oldja. A királyvíz a tömény salétromsav és tömény sósav 1 : 3 térfogatarányú elegye. Azért nevezték el királyvíznek, mert még a legnemesebb fémet, a „fémek királyát” azaz az aranyat is oldja.

### BEKÜLDENDŐ FELADATOK

*A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő email címen várjuk 2011. január 11-ig: [katalin.nadrai@gmail.com](mailto:katalin.nadrai@gmail.com) email címre illetve postai úton:*

**KÖKÉL Feladatok kezdőknek**

OKKER Zrt.

1145 Budapest Cinka Panna u 8.

**K. 141.** Egy gázelegy nitrogént, ammóniát és egy ismert nitrogén-oxidot tartalmaz. A gázelegyet felépítő molekulák atomjairól tudjuk, hogy

- a) a gázelegyenben az összes hidrogénatomok száma fele az összes oxigénatomokénak,  
 b) a gázelegyenben elem-molekuláiban levő összes nitrogénatomok száma egyrészt azonos a nitrogén-oxidban található nitrogénatomok számával, másrészt hatszorosa az ammónia-molekulában levő nitrogén-atomokénak.  
 Mi a gázelegyen térfogat%-os összetétele és melyik ismert nitrogén-oxidot tartalmazza?

10 pont

**K. 142.** Egy só kék kristályokból álló halmazát lassan, enyhén melegítve a kristályok fokozatosan kifehérednek. Ezután 10-15 percig erős lángon tovább hevítjük, ekkor fekete szilárd anyag marad vissza.

- a) Írja le a hőbomlás egyenleteit!  
 b) Hány százalékkal csökken a szilárd anyag tömege a bomlás első valamint a második lépésében a kiindulási só tömegéhez képest?  
 Ha a fekete bomlásterméket hidrogénáramban hevítjük, akkor vörös színűvé válik.  
 c) Írja le a reakció kémiai egyenletét!  
 d) Milyen szernek tekinthető a hidrogén ebben a reakcióban?  
 e) A keletkezett vörös termék tömege hány százaléka a fekete hevítési maradéknak?  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol}$ .

10 pont

**K. 143.** A kén egyik oxidjának olvadáspontja  $-75,5^\circ\text{C}$ , forráspontja pedig  $-10^\circ\text{C}$ . A vegyületben a kén és az oxigén tömegaránya 1:1, és 3200 grammjában  $3 \cdot 10^{25}$  molekula van. A kén egy másik oxidjának olvadáspontja  $16,86^\circ\text{C}$ , forráspontja  $44,6^\circ\text{C}$ . Ennek az oxidnak a kéntartalma 40 tömeg %-os, molekulaképlete pedig azonos a sztöchiometriai képlettel (összegképlettel).

- a) Mi a kétféle oxid molekulaképlete?  
 b) Milyen halmazállapotú a két oxid  $25^\circ\text{C}$  hőmérsékleten és 0,1 MPa nyomáson?  
 c) Hasonlítsuk össze a kétféle oxid molekulájának alakját, kötésszögét, polaritását és tömegét! Ennek alapján értelmezhető-e az erősen eltérő olvadás- és forráspont?

Szerkezetkutató vizsgálatokkal kiderítették, hogy a nagyobb moláris tömegű oxid molekulái szilárd halmazállapotban nem önálló molekulák (monomerek), hanem több molekula összekapcsolódásával keletkező részecskék találhatók a rácspontokon.

- d) Hány molekula összekapcsolódásával jönnek létre ezek a részecskék, ha moláris tömegük 7,5-szerese az oxigénének? Mi a részecskék molekulaképlete?  
 e) Mi lehet a magyarázata a kétféle oxid nagyon különböző olvadás- és forráspontjának?

10 pont

**K.144.** A vízmentes alumínium-nitrát oldhatósága  $80^\circ\text{C}$ -on 81 g vízmentes só/100 g víz. Mi a telített oldattal egyensúlyban levő, kristályvizet is tartalmazó só képlete (1 mol alumínium-nitrát hány mol vízzel kristályosodik), ha a kristályos alumínium-nitrátra átszámolt oldhatóság ezen a hőmérsékleten 371,43 g kristályos só/100 g víz?

10 pont

**K.145.** A propán-2-ol ( $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ ) adott tömegszázalékos vizes oldatát desztillált vízzel ( $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$ ) hígítjuk, így tömegszázaléka a negyedére csökken. Az elegyítés során fellépő térfogat-növekedés (dilatáció) 0,386 %-os. A hígabb oldat sűrűsége 1,02-szer nagyobb a töményebb oldat sűrűségénél. Határozza meg a töményebb és a hígabb oldat anyagmennyiség-koncentrációját az alábbi táblázat adatainak felhasználásával!

A propán-2-ol vizes oldatának sűrűsége ( $\text{g/cm}^3$ ) a tömegszázalék függvényében

tömegszázalék	Sűrűség	tömegszázalék	sűrűség
1	0,9960	12	0,9793
2	0,9939	14	0,9772
3	0,9920	16	0,9751
4	0,9902	18	0,9725
5	0,9884	20	0,9696
6	0,9871	40	0,9302
7	0,9855	60	0,8824
8	0,9843	80	0,8341
9	0,9831	100	0,7848
10	0,9816		

10 pont



## Feladatok haladóknak

Szerkesztő: Magyarfalvi Gábor és Varga Szilárd  
([gmagyarf@chem.elte.hu](mailto:gmagyarf@chem.elte.hu), [szilard.varga@bolyai.elte.hu](mailto:szilard.varga@bolyai.elte.hu))

A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk 2011. január 11-ig postára adva:

### KÖKÉL Feladatok haladóknak

ELTE Kémiai Intézet  
Budapest 112  
Pf. 32  
1518

**H136.** 100,0 g vízben 100,0 g vízmentes kálium-hidroxidot oldunk, majd az oldatot 10 órán át 6,00 A áramerősséggel elektrolizáljuk. Az oldat tömegét megmérve 35,2 g tömegcsökkenés tapasztalható.

Hány tömegszázalékos oldatot kapunk? Milyen hőmérsékleten végeztük a tömegmérést?

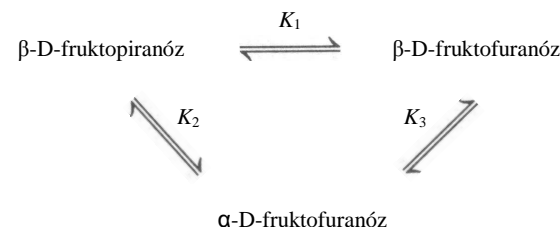
A KOH telített vizes oldatának összetétele a hőmérséklet függvényében:

T/°C	0	10	20	30
g KOH/100 g oldat	49,2	50,8	52,8	55,8

Vizes oldatból a KOH két kristályvízzel kristályosodik ki  
(magyar példa alapján készült német feladat)

**H137.** A kristályos D-fruktóz (gyümölcscukor) hattagú gyűrűs molekulákat tartalmaz, amelyben a glikozidos hidroxilcsoport  $\beta$  helyzetű. Ezt  $\beta$ -D-fruktopiranoznak nevezik.

Ha a D-fruktózt vízben oldjuk, a  $\beta$ -D-fruktopiranoz molekula a nyílt láncú formán keresztül átalakulhat más molekulákká, és végül beáll az egyensúly. A következő ábra a folyamatokat – az egyszerűség kedvéért – a nyílt láncú forma mellőzésével mutatja be:



A többi szóba jöhető forma koncentrációja elhanyagolható.

20 °C-on  $K_1 = 0,255$ . A vizsgálatok szerint az összes oldott fruktóz-molekula 4,1%-a  $\alpha$ -D-fruktofuranóz.

- Rajzold fel a D-fruktóz nyílt láncú, valamint piranoz és furanoz típusú gyűrűs molekulájának konstitúciós képletét! Jelöld a kiralitáscentrumokat!
- Hányas számú szénatom konfigurációjában különbözik az  $\alpha$ -D-fruktofuranóz és a  $\beta$ -D-fruktofuranóz molekulája?
- Hányas számú szénatomhoz kapcsolódik a glikozidos hidroxilcsoport az egyes izomerekben?
- Határozd meg a  $K_2$  és  $K_3$  értékét 20 °C-on!
- Az összes fruktóz-molekula hány százaléka  $\beta$ -D-fruktopiranoz 20 °C-on, az egyensúly beállta után?

(Zagyi Péter)

**H138.** Így szólt a laborfeladat: Készítsen 100 ml 4,50 pH-jú pufferoldatot! A rendelkezésére áll 0,1 M ecetsav-oldat, szilárd nátrium-acetát, 100 ml-es mérőlombik és mérleg.

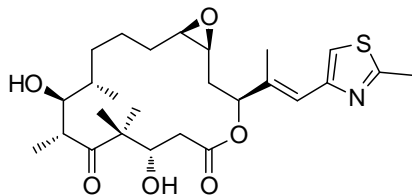
A diákok között volt, aki nem vette észre a kikészített szilárd anyagot, és a polcra nátrium-formiátot vett le helyette.

Mi lett a helyesen számoló, de rossz anyagot használó diákok által készített oldat pH-ja?

(Magyarfalvi Gábor)

### H139.

- Az epothilone A nevezetű vegyület egy ígéretes rákellenes kemoterápiás szer molekulája. Mélytengeri szivacsokból nyerhető, de mivel ezekben csak nagyon kis mennyiségben található ezért hatékony kémiai szintézisét is megvalósították. A szintézis során különös nehézséget okozott a molekula számtalan kiralitáscentruma.



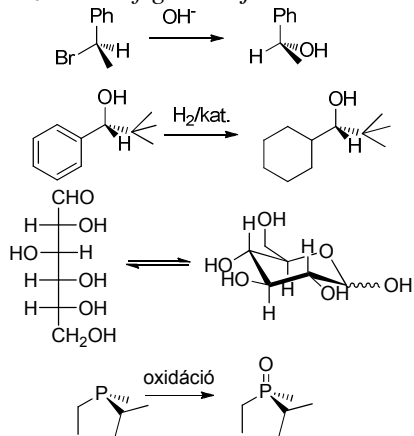
epothilone A

Csillaggal jelöld meg a molekulában található aszimmetriacentrumokat!

- b) Egy kiralitáscentrum körül az egyes szubsztituensek pontos térbeli elhelyezkedése a molekula konfigurációja. A C.I.P. konvenció segítségével a kiralitáscentrumok abszolút konfigurációhoz rendelhető *R* és *S* jelölés rendelhető.

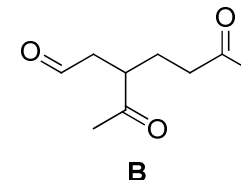
(lásd Szabó András: *Optikai izoméria*, KÖKÉL 2004/4, <http://olimpia.chem.elte.hu/evek/2005/1levelfel.rtf>)

Ez a jelölési rendszer sok esetben segíthet minket, abban hogy megállapítsuk egy kémiai reakció során inverzió (a konfiguráció megváltozása) vagy retenció (a konfiguráció megmaradása) történik. De ez nem minden esetben van így. Vizsgáld meg az alábbi reakciókban az aszimmetriacentrumokat! Add meg a C.I.P. alapján az abszolút konfigurációt minden egyes vegyületre! A reakciókban inverzió vagy retenció történik? Összhangban van-e ez a C.I.P. alapján történő abszolút konfigurációjelöléssel?



(Varga Szilárd)

**H140.** Egy jellegzetes illatú szerves szénhidrogént (**A**) ózonnal reagáltattuk. Ezen folyamat során a vegyületben lévő szén-szén kettős kötések felszakadnak és helyettük szén-oxigén kettős kötések alakulnak ki. A reakció termékelegyét elemezve, azt tapasztaltuk, hogy 1:1 arányban keletkezett formaldehid és egy három oxo-csoportot tartalmazó vegyület (**B**).



B

Milyen vegyület(ek) ózonnal történő reakciójával kaphatjuk a fenti termékelegyet?

Az **A** vegyületet katalitikus körülmények között hidrogénnel telítjük, ekkor egy olyan vegyülethez (**C**) jutunk, amelyben két kiralitáscentrum található.

Az **A** vegyületre savas körülmények között vizet addicionáltatunk, ekkor egy két aszimmetriacentrumot tartalmazó diolt kapunk (**D**). A **D** vegyületből savas közegben történő forralással vizet elimináltatunk és így a reakció főtermékeként visszakapjuk az **A** vegyületet.

Milyen vegyületeket jelölnek az **A-D** betűk? Allításod indokold! Az egyes molekulákban az aszimmetriacentrumot csillaggal jelöld!

(Varga Szilárd)

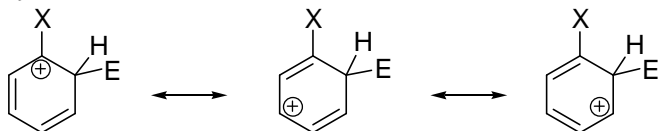
### Az aromás gyűrűn található szubsztituens irányító hatása az aromás elektrofil szubsztitúcióban

(Varga Szilárd)

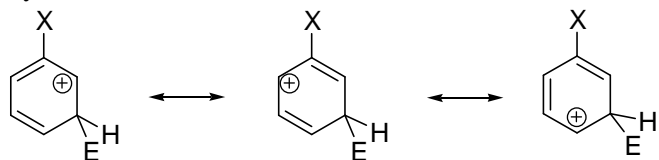
Az aromás elektrofil szubsztitúcióról már írtunk korábban (Kotschy András: *Néhány jelentősebb szerves kémiai reakció mechanizmusa* KÖKÉL 2006/1, <http://olimpia.chem.elte.hu/evek/2006/3korolv.rtf>). Most azt vizsgáljuk meg, hogy milyen hatással vannak erre a folyamatra az aromás gyűrűn található szubsztituensek. Míg mind a hat szubsztituens hidrogén, addig nincs kitüntetett helyzet; az első elektrofil belépése bármely helyre is történik, mindig ugyanazt a terméket kapjuk. Azonban ha egy monoszubsztituált benzolt brómozunk, vagy nitrálunk, nem mind a három lehetséges termékhez jutunk. Ezen jelenség magyarázatához

vizsgáljuk meg az elektrofil szubsztitúció során képződő  $\sigma$ -komplex szerkezetét. A szerkezet leírásához határszerkezeteket használunk. Ezen szerkezetek nem valós részecskéket mutatnak, amik egymással egyensúlyban vannak, hanem ezen határszerkezetek átlaga az, ami leírja a valós részecske szerkezetét.

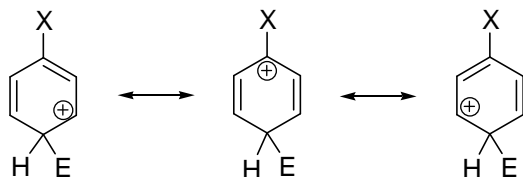
- Orto-helyzetben lévő szubsztituens hatása



- Meta-helyzetben lévő szubsztituens hatása

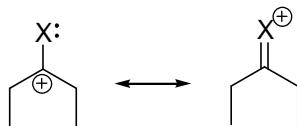


- Para-helyzetben lévő szubsztituens hatása



Az *orto* és *para* esetén a pozitív töltés megjelenik az X-csoportot hordozó szénatomon is. Ha az X-csoport tudja stabilizálni ezt a töltést, akkor ezen pozíciók kedvezményezettek, ellenkező esetben a *meta*-helyzet lesz a kedvezményezett.

Az X-csoport a töltést elektronküldéssel vagy ún. konjugációval tudja stabilizálni (ezt mutatja be a következő ábra is).



Az alábbi felsorolás bemutatja, hogy mely szubsztituensek milyen pozícióba irányítják a belépő elektrofilt:

- Orto*-, *para*-helyzetbe irányító szubsztituensek: -NRR', -OR, -OH, -O<sup>-</sup>, -SH, -SR, -NHCOR, -CH<sub>2</sub>OH, alkil, aril, -OCOR, -CH=CH-CHO, -CH=CH-COOR, -F, -Cl, -Br, -I
- Meta*-helyzetbe irányító szubsztituensek -NR<sub>3</sub><sup>+</sup>, -NO<sub>2</sub>, -CN, -COOH, -COOR, -CHO, -COR, -CX<sub>3</sub> (-CF<sub>3</sub>, -CCl<sub>3</sub>), -CONH<sub>2</sub>, -SO<sub>3</sub>H

**HO-64.** Hogyan állítanád elő mindegyik tribrom-benzol izomert benzolból kiindulva?

(Varga Szilárd)

**HO-65.**

a) Melyik pozícióba várod az elektrofil belépését a pirrolnál, a piridinnél, az imidazolnál és az uracilnál? Válaszodat indokold!

b) Hova várod az elektrofil belépését az 1-brom-naftalinnál, a 2-brom-naftalinnál, az 1-nitro-naftalinnál és a 2-nitro-naftalinnál? Válaszodat indokold!

(Varga Szilárd)

**HO-66.** Egy vegyszerraktárban a folyékony szénhidrogének polcán jelöletlen üvegben fehér kristályos anyagot találtak. Az ismeretlen anyag meghatározásához annak 3,00 g-ját elégetve 10,00 g gáznemű égéstermék és egy folyadék keletkezett.

Az anyag egy másik részlete elszíntelenítette a brómos vizet, teljes telítésekor 1,00 g-já 1,936·10<sup>-2</sup> mol brómot fogyasztott.

Felmerült, hogy az anyag szennyezett lehet. Enyhe melegítéssel megpróbálták felolvasztani. Könnyen bomlásnak indult az anyag, és egy tiszta folyadék desztillált át, ami égetéskor teljesen egyező eredményeket adott, de brómból 1,00 g-já 3,030 10<sup>-2</sup> mol brómot fogyasztott.

Milyen anyagot találtak az üvegben és mi lehetett eredetileg benne? Rajzold fel a szilárd anyag összes lehetséges szerkezetét, jelöld be a kiralitáscentrumokat!

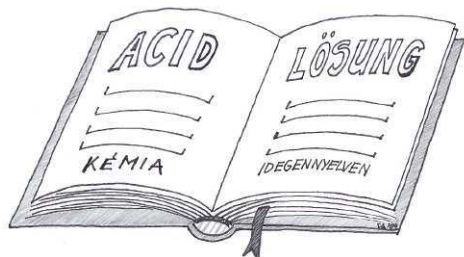
Add meg az összes végbemenő reakció egyenletét!

Ha az átdesztillált folyadék egy kis részletét KOH-dal inert atmoszférában hevítették, majd FeCl<sub>2</sub> oldatát adták hozzá, akkor egy levegőn stabilis, vízben oldhatatlan vörös szilárd anyag keletkezett.

Mi ez?

(Daru János, Sarka János)

# KÉMIA IDEGEN NYELVEN



*Kémia angolul*  
Szerkesztő: MacLean Ildikó

**Kedves Diákok!**

A 2010/5. számban az előző lapszám témáját, a katalizátorokat folytatjuk tovább. A fordítandó feladat első része egy katalizált gyártási folyamathoz kapcsolódik, amelyet egy egyszerű, otthon is elvégezhető kísérlet leírása követ.

**Beküldési határidő: 2011. január 11.**

A fordítást kizárólag a következő e-mail címre küldjétek:

[kokelangol@gmail.com](mailto:kokelangol@gmail.com)

## A. / Haber process

The **Haber process**, also called the **Haber–Bosch process**, is the nitrogen fixation reaction of nitrogen gas and hydrogen gas, over an enriched iron or ruthenium catalyst, which is used to produce ammonia. The Haber process is important because ammonia is difficult to produce on an industrial scale, and the fertilizer generated from the ammonia is responsible for sustaining one-third of the Earth's population. Despite the fact that 78.1% of the air we breathe is nitrogen, the gas is relatively

unreactive because nitrogen molecules are held together by strong triple bonds. It was not until the early 20th century that this method was developed to harness the atmospheric abundance of nitrogen to create ammonia, which can then be oxidized to make the nitrates and nitrites essential for the production of nitrate fertilizer and explosives.

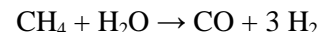
## The process

By far the major source of the hydrogen required for the Haber-Bosch process is methane from natural gas, obtained through a heterogeneous catalytic process, which requires far less external energy than the process used initially by Bosch at BASF, the electrolysis of water. Far less commonly, in some countries, coal is used as source of hydrogen through a process called coal gasification.

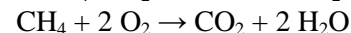
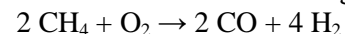
## Synthesis gas preparation

First, the methane is cleaned, mainly to remove sulfur impurities that would poison the catalysts.

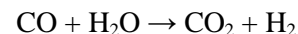
The clean methane is then reacted with steam over a catalyst of nickel oxide. This is called steam reforming:



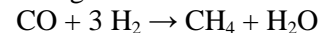
Secondary reforming then takes place with the addition of air to convert the methane that did not react during steam reforming.



Then the water gas shift reaction yields more hydrogen from CO and steam.



The gas mixture is now passed into a methanator which converts most of the remaining CO into methane for recycling:

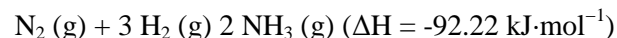


This last step is necessary as carbon monoxide poisons the catalyst. (Note, this reaction is the reverse of steam reforming). The overall reaction so far turns methane and steam into carbon dioxide, steam, and hydrogen.

## Ammonia synthesis – Haber process



The final stage, which is the actual Haber process, is the synthesis of ammonia using a form of magnetite, iron oxide, as the catalyst:



This is done at 15–25 MPa (150–250 bar) and between 300 and 550 °C, passing the gases over four beds of catalyst, with cooling between each pass to maintain a reasonable equilibrium constant. On each pass only about 15% conversion occurs, but any unreacted gases are recycled, so that eventually an overall conversion of 98% can be achieved.

The steam reforming, shift conversion, carbon dioxide removal, and methanation steps each operate at absolute pressures of about 2.5–3.5 MPa (25–35 bar), and the ammonia synthesis loop operates at absolute pressures ranging from 6–18 MPa (60–180 bar), depending upon which proprietary design is used.

## B. / Ammonia Ghosts

### Description

Have you ever seen an ammonia ghost? You'll get a good look at one when you try this activity. They are pretty timid, though, for ghosts; in fact, a few drops of vinegar is all that it takes to scare them away! Ammonia diffuses through a paper towel into a large bottle of water containing phenolphthalein. Convection currents swirl the pink ghosts gently.

### Chemical Concepts

1. Some compounds are different colors in the acid and basic forms. These compounds are called indicators.
2. Reactions of indicators are reversible.
3. Ammonia solutions are less dense than water.

### Safety

Wear goggles at all times.

### Procedure

1. Fill the large beaker with tap water to within 3-4 cm of the top, then stir in the 10-12 mL of 1.0% phenolphthalein solution. Place the beaker in position for the demonstration and allow 4-5 minutes for the solution to come to rest.
2. Prepare some dilute vinegar solution by mixing 1 mL of 5% vinegar with 9 mL of tap water.
3. Place the lead weights (or pebbles) in the baby food jar, then add the 20-25 mL of household ammonia.
4. Place two or three layers of paper towel over the mouth of the baby food jar, and secure them in place with a rubber band (this may require two sets of hands!). Cut away the extra paper towel fringe.
5. Wet the paper towel with a milliliter or two of the dilute vinegar. Then carefully lower the baby food jar into the beaker of water/phenolphthalein solution. (Avoid disturbing the water, and try to position the jar upright in the center.)
6. Wait and observe. Add dilute vinegar to disperse the ghosts, and watch formation of the ghosts again. The reaction is reversible for many cycles.
7. Watch surface of the towel where the gas is diffusing into the solution.
8. Also, to "scare the ghost away," a few drops of vinegar (undiluted) may be added and gently stirred in. The ghost quickly disappears, only to reappear later on.

### Safety-

Wear goggles.

### Materials-

- 20-25 mL of household ammonia {about 3 M  $\text{NH}_3(\text{aq})$ }

- or
  - 20-25 mL of 7.5 M  $\text{NH}_3$  (Add 10 mL of conc. ammonia to 10 mL of water.) This more concentrated solution is faster than household ammonia.
  - 10-12 mL of prepared 1% phenolphthalein solution (Dissolve 1.0 g of phenolphthalein in 50 mL of 95% ethanol. Add 50 mL of water slowly with rapid stirring. Use a magnetic stirrer if it is available.)
- or
  - 2-3 Exlax<sup>®</sup> tablets dissolved in 25 mL of rubbing alcohol
- 1 2-L clear plastic bottle
- scissors
- 1 baby food jar or similarly shaped small, clear container
- a paper towel
- a rubber band
- 80 - 100 g of lead fishing weights or small pebbles.
- stirring rod
- a disposable plastic pipet or eye dropper
- 5% vinegar
- water

### Disposal-

Discard solutions at the sink. Store lead weights or pebbles for reuse.

### Lab Hints-

1. Determine (mathematically or by trial and error in a bucket of water) how many lead weights it takes to make the empty baby food jar sink in water.

2. Use scissors to cut the top portion off of the 2-L plastic soda bottle to create a tall plastic beaker. Strip the label. Cut the sides of the bottom piece of plastic away leaving a saucer of plastic for support.
3. The dilute vinegar placed on the paper towels acts to provide a time delay for the basic ammonia must first neutralize the acidic vinegar before it can make the solution basic. This time delay allows the water to settle again after the jar has been added. The thickness of the paper towel also plays a role. If the ghost is taking too long to make its appearance, try using fewer layers of paper towel or a more dilute vinegar solution.
4. If local tap water is so basic that the phenolphthalein turns pink, add vinegar dropwise until the pink color disappears.

### Observations-

Household ammonia is actually a solution of ammonia gas in water. The pungent odor one experiences when opening a bottle of ammonia is due to some of the ammonia gas coming out of solution. The same happens inside the baby food jar. The ammonia gas leaves the solution, diffuses up to the top of the jar, and there it re-dissolves into the water of the wet paper towel. As it does so, it turns the solution in and around the paper towel pink (ammonia acts as a base in water and the phenolphthalein indicator changes to pink in a basic environment). Ammonia not only produces a basic solution, it also does something that few other substances do; as it dissolves, the density of the solution decreases (Density of 17 M Ammonia -- 0.90 g/mL). And although this decrease is slight, it is enough to cause the pink solution to rise slowly upward through the beaker. The wispy, ephemeral appearance of this rising column of ammonia solution resembles (if you use your imagination) a pink ghost emerging from the jar. Furthermore, the shapes and movements generated seem to be different each time the demonstration is performed.

Források: <http://dwb4.unl.edu/chemistry/beckerdemos/BD023.html>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Haber\\_process](http://en.wikipedia.org/wiki/Haber_process)

## „MIÉRT?” (WHY? WARUM?)

*Dr. Róka András*

Ebben a rovatban általatok is jól ismert jelenségek, vagy otthon is elvégezhető kísérletek magyarázatát várjuk el tőletek. A feladatok megoldásával minden korosztály próbálkozhat, hiszen a jelenséget különböző tudásszinten is lehet értelmezni. Éppen ezért rész megoldásokat is be lehet küldeni! A lényeg az ismeretek mozgósítása, az önálló elképzelés bizonyító erejű kifejtése. A kérdéseket (olykor) szándékosan fogalmazzuk meg a mindennapok nyelvén, hogy – reményünk szerint – minél inkább a lényegre irányítsuk a figyelmet. Jó szórakozást és sikeres munkát kívánunk!

*A formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk 2011. január 11-ig postára adva:*

**KÖKÉL „Miért”**

ELTE Főiskolai Kémiai Tanszék

Budapest Pf. 32.

1518

1. Melyik törvénnyel egyenértékű Avogadro törvénye, mely szerint azonos hőmérsékleten és nyomáson a gázok azonos térfogatban ugyanannyi részecskét tartalmaznak?
2. Melyik gáztörvény segítségével értelmezhető az ütközéskor belapuló labda visszapattanása (pl. fejeléskor, rúgáskor, illetve a földről történő visszapattanásakor)?
3. Melyik gáztörvénnyel értelmezhető a faltenisz-labda (squash) „bemelegedése”?
4. Mi történik a felengedés után a héliummal töltött meteorológiai léggömbökkel? Miért?
5. Miért világít szinte vakítóan a gyertya, ha tiszta oxigénben ég?
6. Ha elektromos árammal vizet bontunk, akkor kétszer annyi térfogatú hidrogén keletkezik, mint oxigén. Miért lehetnek a keletkezett gázok mégis egyenértékűek egymással?
7. Egy hőálló üveg pohárba rakjunk (ízles szerint) két-három kiskanál cukrot. Rakjunk egy gyümölcstea-filtert a cukorra, és helyezzük rá a kanalat. Így, amikor óvatosan felöntjük meleg vízzel, a kanál nem engedi

felúszni a filtert. Ha sikeresen jártunk el, akkor a víz csak egy vékony rétegben színeződik el a gyümölcsteától. Miért?

## KERESD BENNE A KÉMIÁT!

*Kalydi György*

### Kedves Diákok!

Ismét itt az új tanév, így újra indítjuk ezt a rovatot is. Szeretném, ha ebben az évben is legalább annyi érdeklődő és szorgalmas diák venne részt a versenyben ahányan tavaly.

*Ettől az évtől kezdődően –remélem könnyítés sok embernek- küldhetitek a megoldásokat emailben is. Címem: [kgyuri@krudy.gyor.hu](mailto:kgyuri@krudy.gyor.hu) vagy [kalydigy@gmail.com](mailto:kalydigy@gmail.com). Jó versenyzést kívánok mindenkinek, ekkor a beérkezési határidő. 2011. január 11-*

*Aki levélben küldi a formai követelményeknek megfelelő dolgozatokat a következő címen várjuk . 2011. január 11-ig -ig postára adva:*

**KÖKÉL „Keresd benne a kémiát!”**

Kalydi György, Krúdy Gyula Gimnázium

Győr, Örkény út 8-10 9024

### Új idézetek

#### 4. idézet

„ - No, de elválás előtt még igyunk egyet búcsúzóra! – mondá az őrgrof.

- Hol az abszint?

*S azzal megtöltött két pezsgős poharat a mérges, dühös zöld villongású lélel, melyet okos emberek, akik restellik, hogy olyan sok eszük van, csak gyűszűnyi pohárákból szoktak szürcsölgetni. (...) Iván csak felvette a kínált poharat, s összekoccintva azt a kapitányával, felhajtotta az erős ürömlét.” (Jókai Mór: Fekete gyémántok)*

#### Kérdések:

1. Mi az ital fő alkotóeleme?
2. Mi az ital fő hatóanyaga?

3. A hatóanyaga a terpének csoportjába tartozik. Mit tudsz erről a vegyület csoportról? Milyen más ismertebb vegyületek tartoznak ebbe a csoportba? Írj legalább hármat!
4. Mi a beceneve ennek az italnak?
5. Hol, mikor és ki állította elő először ezt az italt?
6. Írj legalább négy művészt, akik hódolói voltak, szívesen fogyasztották az abszintot!

## 5. idézet

*A hegyek gyomrai aranytól terhesek, s hogy az embernek még a kereséssel se legyen nagy dolga, kimossák azt onnan a patakok, s elszórják a parton.*  
(Jókai Mór: Az utolsó cigányország)

1. A kémiatörténet egy egész korszakának a „szereplője” az arany. Melyik ez a korszak és mivel foglalkoztak ezek az emberek?
2. Egy világhírű német tudós a tengervízből akart aranyat előállítani. Ki Ő, mivel szerzett világhírnevet?
3. Az aranytárgyak aranytartalmát miben mérik?
4. Az idézet szerint a patakok, folyók homokjából aranyat lehet mosni. Hogyan lehetséges ez?
5. Az aranyat nemes fémnek nevezik. Miért?
6. Az arannyal kapcsolatban felmerül két „víznek” a neve is. Melyek ezek? Hogyan reagálnak az arannyal? Egyenletet is írf!
7. A középkori Magyarország (ma Szlovákia) területén az arany- és ezüsbányászat révén ismertté váltak az ún. Felső-magyarországi bányavárosok. Írf legalább öt ilyen várost!
8. A XX. században az aranycsinálók álma –kicsi másképpen- de megvalósult. Hogyan lehet mesterségesen aranyat csinálni?
9. Az arany nemcsak elemi állapotban fordul elő, hanem vegyületekben is. Az egyik ilyen aranyvegyületet egy magyar tudósról nevezték el. Ki Ő, mi az aranyérc neve és képlete?
10. Az arannak ércekből való kinyerését egy magyar kémikus, mineralógus kísérletezte ki egy felvidéki városban. Ki Ő, mi az eljárás lényege és hol végezte a kísérleteit?
11. Napjainkban egy új eljárással vonják ki az aranyat az érceiből. Mi ez az eljárás, írd le a folyamatot! Pár évvel ezelőtt óriási

ökológiai katasztrófa történt ami szintén kapcsolatban van ezzel az eljárással. Mi volt ez, hol történt és mi volt a katasztrófa lényege?

## 6. idézet

*Gorcsev Iván, a Rangoon teherjáró matróza még huszonegy éves sem volt, midőn elnyerte a fizikai Nobel-díjat. Ilyen nagy jelentőségű tudományos jutalmat e poétikusan ifjú korban megszerezni példátlan nagyszerű teljesítmény, még akkor is, ha egyesek előtt talán szépséghibának tűnik majd, hogy Gorcsev Iván a fizikai Nobel-díjat a makao nevű kártyajátékon nyerte el.* (Rejtő Jenő: A tizennégy karátos autó)

Kérdések:

1. Ki volt Alfred Nobel? Milyen felfedezések fűződnek a nevéhez? Írf legalább kettőt!
2. Eredetileg milyen tudományterület képviselői kaptak Nobel-díjat és később milyennel bővült?
3. Sorold fel kik kapták az első Nobel-díjat, mikor és miért?
4. Sorolj fel legalább 7 magyar vagy magyar származású Nobel-díjast?
5. A magyar illetve magyar származású Nobel-díjasok között csak egy van aki magyar állampolgárként kapta meg az elismerést. Ki Ő?
6. A Nobel-díjat évente adják ki, de volt néhány esztendő amikor ezt nem tették meg. Pontosán mikor és miért nem jutalmaztak?



# MŰHELY



Kérjük, hogy a *MŰHELY* című módszertani rovatba szánt írásait közvetlenül a szerkesztőhöz küldjék lehetőleg e-mail mellékletként vagy postán a következő címre: Dr. Tóth Zoltán, Debreceni Egyetem Kémia Szakmódszertan, 4010 Debrecen, Pf. 66. E-mail: tothzoltandr@gmail.com, Telefon: 06 52 512 900 / 22581-es mellék.

**Dr. Tóth Zoltán**

## A szén-monoxid-érzékelő, mint tanításművészeti darab (Egy példa a problémaközpontú tanításra)

### 1. Bevezetés

A tanítás művészete Martin Wagenschein német pedagógus által kidolgozott módszer, amely az 1980-as években kezdett elterjedni elsősorban Németországban, Svájcban és Hollandiában. A módszer lényege, hogy a tanítandó tartalmakat nem a tudomány logikájának megfelelő sorrendben tanítjuk, hanem egy-egy jól megragadható – lehetőleg gyakorlati – probléma köré szervezzük. Részletes ismertetése magyarul olvasható Mikonya György: „A tanítás művészete” című könyvében (Mikonya, 2003), valamint Radnóti Katalin KÖKÉL-ben megjelent írásában (Radnóti, 2005).

A problémaközpontú tanításszervezés klasszikus példája Faraday-nak az 1861-ben a gyertya működésével kapcsolatos karácsonyi előadássorozata, melynek teljes anyaga magyarul is hozzáférhető (web-1).

Ebben a tanulmányban azt mutatom be, hogy miként lehet egy napjainkban rendkívül aktuális téma, a rendszeresen előforduló szén-monoxid-mérgeзések, és az ezek kivédésére ajánlott szén-monoxid-érzékelők, mint központi téma köré csoportosítani fizikai, kémiai és biológiai ismereteket.<sup>1</sup>

## 2. A témakör feldolgozása

A témakör feldolgozása problémafelvetéssel indul, majd a következő kérdésekre keressük a választ. A válaszokat vagy a tanulók fogalmazzák meg előzetes ismereteik alapján, vagy a tanár adja meg, vagy a tanulók csoportmunkában foglalkoznak vele.

### 2.1. Problémafelvetés

A fűtési idény beindulásával szinte hetente lehet arról hallani, hogy valaki vagy valakik szén-monoxid-mérgeзést szenvedtek. Magyarországon évente több száz szén-monoxid-mérgeзés történik és több tucatnyian halnak meg szén-monoxid-mérgeзésben.

*Mi az oka a gyakori szén-monoxid-mérgeзésnek?*

A szén-monoxid a szén vagy széntartalmú vegyületek (pl. fa, földgáz, olaj) égésének terméke. Minden esetben számolnunk kell képződésével a lakás légteréből „táplálkozó” fűtési módokat (kandalló, cserépkályha, olajkályha, gázkonvektor, gázzal működő vízmelegítő, gáztűzhely, gázkazán) esetén.

A szén-monoxid színtelen, szagtalan gáz, ezért érzékszerveinkkel nem észleljük jelenlétét. Ráadásul már nagyon kis koncentrációban is súlyos tüneteket (fejfájás, ájulás, halál) okozhat.

*Hogyan védekezhethetünk a szén-monoxid-mérgeзés ellen?*

<sup>1</sup> Hasonló problémaközpontú feldolgozásra láthatunk példát a pezsgőtablettákkal (Molnár, 2010) és a vörösiszappal (ELTE Kémiai Intézet, 2010) kapcsolatban.

Egyrészt a tüzelőberendezések megfelelő karbantartásával. Másrészt a lakás gyakori szellőztetésével. Harmadrészt szén-monoxid-érzékelők felszerelésével.

## 2.2. Feldolgozható kérdések

*Mi is a szén-monoxid?*

A szén egyik oxidja. Molekulaképlete: CO. A két atom között datív kötés is található, ezért elektronszerkezeti képlete:  $|\text{C}\equiv\text{O}|$ . Bár a két atom elektronegativitás-különbsége nagy, a datív kötés miatt a molekula gyakorlatilag apoláris. Molekularácsban kristályosodik. Színtelen, szagtalan alacsony olvadáspontú (op:  $-205^\circ\text{C}$ ) és forráspontú (fp:  $-191^\circ\text{C}$ ) gáz. Vízen rosszul oldódik. Sűrűsége a levegő sűrűségéhez hasonló, ezért zárt helyiségben a levegővel elkeveredve tölti ki a teret. Éghető gáz, égése szén-dioxidot eredményez:  $2\text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2\text{CO}_2\text{(g)}$ . A levegővel 12,5 – 74 V/V% koncentrációban robbanóelegyet képez. Erős redukálószer. A vasgyártás során képződő szén-monoxid redukálja a vas-oxidot:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ . Régen a városi gáz alkotója volt, melyet úgy nyertek, hogy izzó szénre vízgőzt fúvattak:  $\text{C(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow \text{CO(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ . (Ezért volt életveszélyes a gázszivárgás régen, és nem elsősorban a robbanásveszély miatt, mint manapság.) Képződik szén vagy széntartalmú vegyületek tökéletlen égésekor. Jelentős mennyiségű szén-monoxidot tartalmaznak a vulkáni gázok, a cigarettafüst és a füstölők égéstermékei, valamint a gépjárművek kipufogógáza.

*Milyen élettani hatása van a szén-monoxidnak?*

A szén-monoxid – lévén színtelen és szagtalan gáz – alattomosan fejti ki hatását az élő szervezetre, és végeredményben fulladásos halált okoz. A belélegzett szén-monoxid irreverzibilisen kötődik az oxigénszállítást végző hemoglobinhoz.

A szén-monoxid hatását az emberi szervezetre, és a szén-monoxid-mérgezés tüneteit az 1. táblázat tartalmazza (web-2).

1. táblázat. A szén-monoxid emberi szervezetre kifejtett hatása különböző szén-monoxid-koncentrációk esetén

CO koncentráció a légtérben		Az emberi szervezetre kifejtett hatás
V/V%	ppm	
0,003	30	Megengedett határérték 8 óras tartózkodás esetén.
0,02	200	2-3 óra tartózkodás után gyenge fejfájás, szédülés, émelygés.
0,04	400	1-2 óra után erős fejfájás, rosszullét. 3 óra után életveszély (ájulás, majd halál)
0,08	800	45 perc után erős fejfájás, rosszullét, hányinger. 2-3 órán belül halál.
0,16	1600	20 perc után erős fejfájás, hányinger, eszméletvesztés. 1 órán belül halál.
0,32	3200	5-10 perc után erős fejfájás, hányinger, eszméletvesztés. Fél órán belül halál.
0,64	6400	1-2 perc után erős fejfájás, hányinger, eszméletvesztés. 10-15 percen belül halál
1,28	12800	1-3 percen belül eszméletvesztés és halál.

→ *Mi az a ppm?*

Nagyon kis koncentrációk esetén használjuk a ppm-et, ami milliomodrész jelent (parts per million). Szilárd anyagok esetében ez általában a mg/kg-ot, oldatok esetén a mg/dm<sup>3</sup>-t, gázok esetén a cm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>-t jelenti. 1 ppm CO-tartalom tehát azt jelenti, hogy 1 cm<sup>3</sup> szén-monoxid található 1 m<sup>3</sup> térfogatú légtérben.

→ *Mi a teendő szén-monoxid-mérgezés esetén?*

A mérgezettet friss levegőre kell vinni, ott kényelmes helyzetbe fektetni, szoros ruhadarabjait meglazítani. Légzésének leállása esetén azonnali légzéstámogatást (mesterséges légzést, lélegeztetőkészüléket) kell biztosítani. A mérgezettet ne engedjük lehűlni. Eszméletvesztés esetén a mérgezettet rögzített oldalfekvésbe kell helyezni. A helyszínre orvost kell hívni.

*Hogyan lehet a szén-monoxidot kimutatni?*

1. „Biológiai” módszerrel: kis testtömegű állatok (pl. kanári) elpusztulása jelzi a CO-szint emelkedését. (Ezt használták korábban a bányászok is a CO és a CH<sub>4</sub> jelzésére. Például a brit bányászati előírások 1986-ig tartalmazták, hogy a bányákban kanárikat kell tartani a mérgező gázok jelzésére. A kanári ugyanis – kis testtömege miatt – már olyan kis mennyiségű CO-tól elpusztul, ami még az emberre nem életveszélyes. Ráadásul a kanári sokat énekel, így elnémulása jelzi a CO-szint megnövekedését. Megjegyzem, hogy néhány évtizeddel ezelőtt még a kémiai laboratóriumokban is előfordult, hogy kanárit használtak a laboratórium levegőjébe került veszélyes gázok jelzésére.) Ez a módszer – amellet, hogy nem állatbarát – nem szelektív a CO-ra.

→ *Mitől függ egy anyag mérgezőhatása?*

Az anyag minőségétől és mennyiségétől. Az élőlényekre gyakorolt mérgező hatás általában függ az élőlény tömegétől is: kisebb testtömegű élőlények kisebb mennyiségű mérgező anyagtól pusztulnak el, mint a nagyobb testtömegűek. Az LD<sub>50</sub>-érték azt mutatja meg, hogy az adott anyagból, vegyületből mekkora mennyiség okozza a kísérleti állatok (általában patkány) 50 %-ának pusztulását 24 órán belül. Az LD<sub>50</sub> értéket többnyire mg/kg mértékegységben adják meg, azaz a vizsgált anyag hány mg-ja okozza 1 kg élő súlyú kísérleti állat felének pusztulását. Az LD rövidítés halálos adagot (*Lethal Dose*) jelent. (web-3)

2. Kémiai módszerrel: a CO redukáló tulajdonsága miatt adja az ezüsttükör-próbát, tehát ammóniás ezüst-nitrát-oldatból fémezüstöt választ ki, az oldat CO jelenlétében megbarnul. Ezt kísérletileg is lehet szemléltetni. A reakció egyenlete:  $\text{CO} + 2 \text{Ag}^+ + 4 \text{OH}^- \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + 2 \text{Ag} + 2 \text{H}_2\text{O}$ . (A kísérletet célszerű bemutatni. A szén-monoxiddal való munkát jól húzó vegyifülkében kell végezni!) A módszer hátránya, hogy nehézkes, folyamatos mérésre alkalmatlan és érzékenysége sem megfelelő.

→ *Mi az ezüsttükörpróba?*

Formilcsoportot tartalmazó szerves vegyületek (aldehidek, monoszacharidok, hangyasav) kimutatására alkalmas reakció. Lényege, hogy a formilcsoportot tartalmazó vegyület ezüstöt választ ki az ammóniás ezüst-nitrát-oldatból, miközben a formilcsoport karboxilcsoporttá oxidálódik. (A kísérletet célszerű bemutatni, pl. glükózzal.)

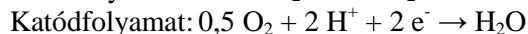
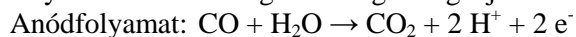
3. Fizikai módszerrel: bizonyos félvezető anyagok elektromos vezetésének mérésével. Egy megfelelő hőmérsékletű (pl. 250 °C-os) félvezető (pl. ón-dioxid, SnO<sub>2</sub>) elektromos vezetése megnő azáltal, hogy a felületén a levegőből származó oxigénmolekulák kötődnek meg, és ilyen hőmérsékleten könnyen adnak át elektront a félvezetőnek. Redukálószerrek – mint például a szén-monoxid is – gátolják ezt az elektronátadást, így jelenlétükben lecsökken a félvezető anyag elektromos vezetése. Az ilyen érzékelők nagyon érzékenyek, viszonylag hosszú élettartamúak és folyamatos mérést/érzékelést tesznek lehetővé. Hátrányuk, hogy a félvezetőt megfelelően magas hőmérsékleten kell tartani, ami az áramforrás (az érzékelőt működtető elem) élettartamát jelentősen lecsökkenti. További probléma, hogy egyéb redukálószerrekre (pl. metánra, ammóniára, kén-hidrogénre, nitrogén-monoxidra) is érzékenyek, ezért megnő a téves riasztások száma. (EC, 1999; web-2)

→ *Milyen anyagokat nevezünk félvezetőknek?*

Az anyagokat elektromos vezetésük alapján két nagy csoportba oszthatjuk: vezetők és szigetelők. A vezetőkben az elektromos vezetés azáltal jöhet létre, hogy bennük szabadon elmozduló töltéssel rendelkező részecskék (elektronok vagy ionok) találhatók. Az ún. elsőrendű vezetőkben elektronok, a másodrendű vezetőkben ionok elmozdulása eredményezi az elektromos áramot. Az elsőrendű vezetők egyik csoportját képezik a félvezetők. Ellentétben a fémek vezetőkkel, a félvezetők elektromos vezetése a hőmérséklet növelésével nő. Ilyen félvezetők pl. a szilícium, germánium, a titán-dioxid, a cink-szulfid és az ón-dioxid.

4. Elektrokémiai módszerrel: egy CO – O<sub>2</sub> tüzelőanyag-elem elektromos feszültségének mérésével. A mérés elve az, hogy a szén-monoxid

oxidációját szén-dioxiddá térben elválasztva hajtjuk végre. Megfelelő elrendezésben, platinakatalizátor jelenlétében a CO a következő elektródfolyamatok során reagál a levegő oxigénjével:



Az így létrehozott galvánelem két elektródja között folyó áram erőssége arányos a CO koncentrációjával, és igen kis mennyiségű CO érzékelésére is alkalmas. A módszer előnye, hogy szelektív, folyamatos mérést tesz lehetővé és kicsi az áramfelvétele. Hátránya, hogy viszonylag drága, és élettartama rövid (max. 5 év). Az ilyen készülékek minősége (megbízhatósága) nagymértékben függ a beépített anyagok (elektród, elektrolit, membrán) minőségétől, ezért nem mindegy, hogy milyen gyártású készüléket használunk. (EC, 1999; web-2)

→ *Milyen berendezések a tüzelőanyag-elemek?*

A tüzelőanyag-elemekben lényegében egy égési reakció, mint redoxireakció játszódik le térben elválasztva az oxidációs és a redukciós folyamatot. Elvileg minden éghető anyagból lehet tüzelőanyag-elemet készíteni. A legismertebb tüzelőanyag-elem hidrogénnel és oxigénnel működik, működése közben víz keletkezik. (Ezt a vizet például az űrhajóban – megfelelő kezelés után – ivóvízként is lehet használni.) Az elem „lelke” egy 1 mm-nél kisebb vastagságú protoncserélő membrán (ma szinte kizárólag a Nafion nevű műanyagból gyártják), amely csak a hidrogénionokat engedi át. A membrán két oldalát porózus katalizátorral, általában platínával vonják be. A két ellentétes oldalon diffundál be a membránba az oxigén, illetve a hidrogén. Az anódon a hidrogéngáz oxidálódik, és hidrogénionok keletkeznek, melyek a membránon átdiffundálva a másik oldalon az oxigénredukció termékével, a hidroxidionokkal vízzé egyesülnek. Ilyen tüzelőanyag-cellákat használtak a Gemini és az Apollo űrhajókban is. (Tóth és Ludányi, 2010)

*Milyen a jó szén-monoxid-érzékelő?*

Az új európai szabvány (EN50291:2001) szerint az érzékelőknek dózis szerint kell jelzést adni. A szén-monoxid élettani hatása ugyanis nemcsak

koncentrációjától, hanem hatásának időtartamától is függ. Kis koncentráció esetén hosszabb ideig, nagy koncentráció esetén rövidebb ideig tartózkodhatunk ilyen légtérű helységben maradandó egészségkárosodás nélkül. Tehát az sem jó, ha túl hamar riaszt a készülék, de az sem, ha túlkésőn. A szén-monoxid-érzékelőkkel szemben megkövetelt riasztási szinteket a 2. táblázat tartalmazza (web-4).

2. táblázat. A szén-monoxid-érzékelőkkel szemben támasztott riasztási szintek

CO-koncentráció	Legkorábbi riasztási idő	Legkésőbbi riasztási idő
30 ppm	120 perc	-
50 ppm	60 perc	90 perc
100 ppm	10 perc	40 perc
300 ppm	-	3 perc

Riasztás esetén az érzékelők fény- és hangjelzést adnak. Fontos követelmény továbbá, hogy az érzékelő rövid hangjelzéssel figyelmeztessen az elem lemerülésére vagy egyéb műszaki meghibásodásra. (A tesztgomb segítségével általában csak a hangjelző működőképességét lehet ellenőrizni.)

*Hogyan ellenőrizhetjük a szén-monoxid-érzékelőt?*

Házilag csak azt tudjuk ellenőrizni, hogy a szén-monoxid-érzékelőnk egyáltalán érzékeli-e a szén-monoxidot. Ezt a következőképpen tehetjük meg: Gyűjtsunk meg egy füstölőt, majd helyezzük kb. 10-15 cm-rel fölé a szén-monoxid-érzékelőt. Amennyiben az érzékelő kb. 5 percen belül megszólal, úgy valóban érzékeli a szén-monoxidot. Azt azonban, hogy mennyire megbízhatóan működik, illetve eleget tesz-e az új európai szabványnak, csak olyan laboratóriumban (akár az iskolában is) tudjuk megvizsgálni, ahol adottak a CO-dal való biztonságos munkálatok feltételei (vegyszerfülke, vagy szabad tér).

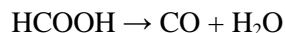
A CO-érzékelőt a következőképpen lehet vizsgálni: Helyezzünk az asztalra vagy a vegyifülkébe egy gumiszőnyeget (vagy gumiból készült lábtörlőt, esetleg mosógép alá való rezgés csillapítót). Erre tegyük rá a CO-



érzékelőnket, majd borítsuk le egy szájával lefelé fordított nagyméretű (kb. 10 literes) üveggáddal (esetleg akváriummal). Helyezzünk az üveggád fala és a gumialátét közé egy injekciós tűt, ezen keresztül fogjuk beadni a megfelelő mennyiségű szén-monoxidot. Egy kisméretű (ún. Obendrauf-féle) gázfejlesztőben állítsunk elő CO-gázt. Kis műanyag fecskendő segítségével adjunk be annyi CO-ot, hogy az üveggád alatt a koncentrációja kb. 300 ppm legyen. Ha jó a szén-monoxid-érzékelőnk, akkor 3-5 percen belül riasztani fog. Kiszellőztetés után ismételjük meg a kísérletet 100 ppm CO-koncentráció esetén is. Ekkor 10-40 perc között kell megszólalni a riasztónak. (Mivel a CO-érzékelő érzékenysége idővel változik, ezért ezt az ellenőrzést célszerű legalább évente egyszer, a fűtési idény kezdete előtt elvégezni.)

→ *Hogyan állíthatunk elő tiszta szén-monoxid-gázt?*

Tiszta CO-ot hangyasavból (vagy nátrium-formiátból) tömény kénsavval nyerhetünk.



Állítsuk össze az Obendrauf-féle gázfejlesztőt (Kovács, 2002). A kémcsőbe töltünk néhány  $\text{cm}^3$  tömény hangyasavat, a kisméretű műanyagfecskendőbe óvatosan szívjunk fel tömény kénsavat. A fejlődő gázt először egy  $20 \text{ cm}^3$ -es műanyagfecskendőben fogjuk fel. Mivel ez nem tiszta gáz, ezért ezt a fülke elszívónyílásába engedjük. Ezután kisebb méretű ( $2\text{-}5 \text{ cm}^3$ -es) műanyagfecskendőt csatlakoztatunk a gázfejlesztőhöz, és annyi CO-ot fejlesztünk bele, amennyit az üveggád alá beadva a kívánt CO-koncentráció alakul ki. Vigyázat! Mind a tömény hangyasav, mind a tömény kénsav veszélyes, maró anyagok! A CO-fejlesztést lehetőleg vegyifülkében vagy huzatos, nagylégtérű helyiségben, esetleg a szabadban végezzük! A CO-fejlesztést ne bízzuk a tanulókra, azt mindig a tanár csinálja! (Megjegyzés: CO esetén nem használható az Obendrauf-féle gázfejlesztőnél gyakran használt aktív szén töltet, az aktív szén ugyanis nem köti meg a szén-monoxidot!)

→ *Hogyan lehet az üveggád (akvárium) térfogatát meghatározni?*

Használat előtt töltsük meg az üveggádat (akváriumot) színültig vízzel, majd egy nagyobb mérőhenger segítségével mérjük meg az ehhez szükséges víz térfogatát!

→ *Hogyan lehet kiszámolni az adott CO-koncentráció beállításához szükséges CO mennyiségét?*

Mivel  $1 \text{ ppm} = 1 \text{ cm}^3 \text{ CO} / 1 \text{ m}^3$ , ezért egy  $10 \text{ dm}^3$ -es üveggád esetén  $1,0 \text{ cm}^3 \text{ CO}$ -ra van szükség ahhoz, hogy a légtérben 100 ppm CO legyen. Vagyis 100 ppm CO-koncentrációhoz annyi tized  $\text{cm}^3 \text{ CO}$ -gáz szükséges, ahány  $\text{dm}^3$  térfogatú az üveggád.

### 2.3. Tapasztalatok, javaslatok

A témakör feldolgozása egy teljes óra alatt lehetséges. Azt is meg lehet csinálni, hogy az elméleti részt az egyik órán, a kísérleteket (ezüstitükör-próba, CO-előállítás, CO-érzékelő vizsgálata) a másik órán végezzük el. Fel lehet hívni a tanulók figyelmét arra, hogy akinek van otthon CO-érzékelője, nyugodtan hozza el, és megvizsgáljuk, hogy mennyire megbízható.

A kísérletek során nyomatékosan hívjuk fel a tanulók figyelmét arra, hogy azokban a lakásokban, ahol fennáll a szén-monoxid-képződés veszélye, ajánlatos CO-érzékelőt beszerezni.

Tapasztalataink azt mutatják, hogy nem szabad olcsó, kínai gyártmányú érzékelőket vásárolni, azok közül ugyanis – a mi méréseink szerint – csak kb. minden tizedik megbízható. Nem szabad olyan készüléket sem venni, amelyen nem szerepel a készülék várható élettartama – ami a legtöbb esetben 5 év. Sajnos az a tapasztalatunk, hogy nagyon sok olyan készülék kerül kereskedelmi forgalomba, amely nemhogy az új európai szabványnak, de még a CO-érzékelés követelményének sem felel meg. És az átlagember ezeket nem tudja ellenőrizni, kiszűrni...

### 3. Összefoglalás

A fűtési idényben szinte mindennapos szén-monoxid-mérgezések ürügyén nagyon sok biológiai, fizikai és kémiai ismerettel gyarapíthatjuk diákjaink tudását. Kísérletekkel szemléltethetjük a szén-monoxid-

érzékelők működését, megbízhatóságát és fontosságát a szén-monoxid-mérgeзések elkerülésében. Tudatosíthatjuk a tanulóknban azt, hogy jól nézzék meg milyen minőségű szén-monoxid-érzékelőt vásárolnak, hiszen előfordulhat, hogy az életük függ ettől.

#### 4. Hivatkozások jegyzéke

*EC* (1999): InfoChem, Education in Chemistry, 4. szám, 3. oldal.

*ELTE Kémiai Intézet* (2010): A vörösiszap-katasztrófával kapcsolatos fogalmak magyarázata.

[http://www.chem.elte.hu/system/files/ELTE\\_vorosiszap\\_lexikonja.pdf](http://www.chem.elte.hu/system/files/ELTE_vorosiszap_lexikonja.pdf)

*Kovács M.* (2002): Variációk két elemre. Fecskendős kísérletek nitrogén-oxidokkal. *A Kémia Tanítása*, X. évf. 5. szám, 3. oldal.

*Mikonya Gy.* (2003): A tanítás művészete. Oktatás-módszertani kiskönyvtár. Gondolat Kiadó, Budapest

*Molnár J.* (2010): Miről mesél a pezsgőtabletta? *Középiskolai Kémiai Lapok*, XXXVII. évfolyam, 2. szám, 132-148. oldal.

*Radnóti K.* (2005): A tanítás művészete, mint újszerű tanulósszervezési módszer bemutatása egy kémiai példán keresztül. *Középiskolai Kémiai Lapok*, XXXII. évfolyam, 5. szám, 429-436. oldal.

*Tóth Z. és Ludányi L.* (2010): Kémia 9. tankönyv. Maxim Kiadó, Szeged, 185. oldal.

*web-1*: Faraday: A gyertya természetrajza, I-VI.

<http://www.kfki.hu/~cheminfo/hun/teazo/karacson/gyertya.html>

*web-2*: A szén-monoxid.

<http://www.premium64.hu/doksik/szenmonism.pdf>

*web-3*: Szén-monoxid-mérgeзés.

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Szenmonoxidmergeзés>

*web-4*: European norm EN50291.

<http://www.nano-sense.com/ENGLISH/articles/EN50291.htm>

## Határtalan kémia...”



Dr. Szalay Luca

### Néhány ötlet az energiagazdálkodás és a környezetvédelem kapcsolatának tanításához

Az energiagazdálkodás és a környezetvédelem összefüggéseivel kapcsolatos problémák kezelése, ill. megoldása az emberiség előtt álló legsürgetőbb feladatok közé tartozik. Ez magyarázza azt a tendenciát, hogy e témák megvitatása egyre inkább túlmutat a szűk szakmai vagy szakmapolitikai körök munkáján. Évtizedek óta mindennapos tapasztalat, hogy egyes érdekcsoportok (belső meggyőződésből, és/vagy politikai érdekektől vezérelve) társadalmi vitákat kezdeményeznek olyan kérdésekben, amikről ők maguk és a társadalom túlnyomó többsége sem feltétlenül rendelkezik kellő ismeretanyaggal, és a teljes körű áttekintést igénylő tudással. A helyzetet tovább bonyolítja az a tény, hogy sok kérdésre a tudomány sem képes egyértelmű válaszokat adni. Mindez kitűnő terepet szolgáltat a populista és demagóg megközelítésre, az időnként a háttérben meghúzódó érdek-összefonódások elrejtésére. Tudomásul kell vennünk: a jövőben mindennapos gyakorlattá fog válni az, hogy a szavazóképes állampolgároknak állást kell foglalnia az ilyen természetű polémiákban (akár közvetlenül, pl. egy erőmű építése, vagy élettartamának meghosszabbítása ügyében kiírt népszavazáson, akár közvetve, az általános vagy önkormányzati választások alkalmával, amikor a szavazataikat az energiapolitikai kérdésekben ilyen vagy olyan álláspontot elfoglaló pártokra adják le). Teszi majd ezt a társadalom többsége a legalapvetőbb fogalmak, ismeretek és információfeldolgozási, ill. döntéshozatali mechanizmusok képességének szinte teljes hiányában (legalábbis ha addig ilyen téren nem sikerül változást elérnünk).

Egyértelmű a feladatunk: a természettudományos oktatás egyik legfontosabb célja az olyan jól strukturált és megbízható tudás kiépülése minden

diák fejében a közoktatási szakasz végére, ami lehetővé teszi az energetikai szakemberek, a környezetvédők és az egyes érdekcsoportokat képviselő szervezetek, ill. pártok (média által közvetített) érveinek és ellenérveinek alapszintű értelmezését, mérlegelését és a felelősségteljes döntés meghozatalát. Nem elegendő tehát önmagában sem a fogalmi rendszer ismerete, sem a vitakészség és a kritikus gondolkodás képessége. Csak azoknak a felnőttek van esélyük sikerrel venni ezeket az akadályokat, akik az összes szükséges tudás birtokában vannak.

Nem is olyan könnyű azonban valami újszerűt és újszerűen tanítani a gyerekeknek ezen a téren. Hiszen (ahogy mondani szokták) „a vízcsapból is ez folyik”. Ezért nagyon könnyen eshetünk abba a hibába, hogy az unalomig ismételve ugyanazokat az információkat, éppen ellenkező hatást érünk el, mint szerettünk volna. A családban fordult elő, hogy az egyik tizenhat éves serdülő a következőt mondta: „Ha még egy előadást meg kell hallgatnom a nukleáris energia káros hatásairól, akkor már csak azért is a Paksi Atomerőmű élettartamának meghosszabbítása mellett fogok szavazni.” (Itt természetesen nem azon van a hangsúly, hogy ez a döntés helyes lesz-e vagy sem, hanem a döntéshez vezető út pszichológiai hátterén.)

Egy japán kollégánk, Haruhiko Tanaka tanár úr a Hirosimai Egyetemről az elmúlt tanévben fél évet töltött vendégprofesszorként az ELTE Kémiai Intézetében. Az ő kezdeményezésére, és vele együtt sokat gondolkoztunk azon, hogy milyen módszerekkel lehetne az energiagazdálkodás és a környezetvédelem kapcsolatát közelebb hozni a tizenéves korosztályhoz. Az ötleteink alapján kétféle óravázlatot is készítettünk, amiket a gyakorlatban két-két olyan középiskolás osztállyal próbáltunk ki, ahol az ilyen szintű angol nyelvű kommunikáció nem jelentett a diákok számára leküzdhetetlen akadályt. E helyen nem a teljes munkát, csak annak néhány momentumát mutatom be, hátha találnak a kollégák közötté használható ötleteket.

### A „3R elv”

Tény, hogy a világ energiafogyasztása még sokáig nőni fog. A számok és a diagramok még ijesztőbbek, ha figyelembe vesszük, hogy a fosszilis energiahordozók mennyisége véges. Miközben még nem tudjuk, hogyan sikerül majd néhány évtized múlva kielégíteni a világ energiaéhségét, a jelenben gyakran ésszerűtlen módon pocsékoljuk az energiát és a nyersanyagokat. Tanaka professzor ezért Japánban és külföldön [1] egyaránt

nagyon fontosnak tartotta a „3R elv” népszerűsítését. Ez a „*Reduce, Reuse and Recycle*” felszólítás rövidítése. Magyarul annyit tesz, hogy próbáljuk meg minden lehetséges módon csökkenteni az energia- és nyersanyagfogyasztásunkat; minden környezetünkben lévő tárgyat minél tovább használni (nem árt tudni, hogy „a magyar *eBay*”, vagyis a „Vatera” ebben hatalmas segítséget nyújt!); és ha valamire már semmilyen formában nincs szükségünk, akkor gondoskodjunk róla, hogy a hulladékból értékes nyersanyag válhasson. A japán professzor ezért demonstrálta néhány, kémiai elven működő kéz- és italmelegítő használatát. Ezekből az ő hazájában rengeteg fogy, és alkalmazásuk sajnos már Magyarországon is terjedőben van. Ezek képezik a 3R elvet leginkább figyelmen kívül hagyó termékek egyik csoportját. Hiszen nagyon sok nyersanyagot és energiát igényel az előállításuk, nagyon rövid ideig használjuk őket, és a lejátszódó kémiai reakció után regenerálásuk legfeljebb ipari körülmények között lenne megoldható. Szelektív gyűjtésük azonban szinte emberfeletti feladat. Ezekből jóval kevésbé környezetterhelők a nátrium-acetát exoterm kristályosodását hasznosító, hasonló célra készült termékek, mivel forró vízbe téve sokszor regenerálhatók. Kérdés persze, hogy ki, mennyire és miért van rászorulva mindezek használatára. Ez jó vitatémát jelenthet a diákok számára. Másrészt kiírhatunk az osztályban vagy az iskolában egy novellaíró versenyt is, hogy eldöntsük, ki tudja a legtöbb fantáziával a legrealisztikusabb sci-fi novellát kitalálni arról a korról, amikor a hulladékhegyek majd nyersanyagokká válnak...

### Fosszilis energiahordozók, mint nem megújuló energiaforrások

Minden diák megtanulja, hogy a kőszén, a kőolaj és a földgáz nem megújuló energiaforrásoknak számítanak. Nem árt azonban egy kis játékos számolással tudatosítani az elégetésük végérvényességét és e folyamat visszafordíthatatlanságát. Miután megbeszéltük, hogy hogyan raktározódott a fotoszintézis útján a Nap energiája a növényekben, majd a Föld mélyébe kerülve mennyi idő alatt lett ezekből értékes energiahordozó, föladhajuk a gyerekeknek a következő példát. Képzeljék azt, hogy a 650 millió éve képződött kőolaj életkorát egy nap 24 órájának feleltetjük meg. Hány óra hány perckor jelent meg ezen a 24 órás időskálán a mintegy 200 ezer éve (a neandervölgyi ősember, majd a *Homo sapiens sapiens* megjelenésével) kialakult emberi faj? Továbbá hány óra hány perckor kezdte az emberiség használni a kőolajat, ha az első olajkutató 1859-ben fúrták? A diákok számolhatnak egyénileg, párokban vagy csoportokban is. Ez utóbbi előnye, hogy azonnal tudják ellenőrizni, és meg is beszélhetik a mell-

bevágó eredményt. Ugyanis a számítások azt mutatják, hogy ezen az időskálán az ember 23 óra 59 perc 33 másodperckor jelent meg, az első olajkutató pedig éjfél előtt 0,02 másodperccel fúrták...

### A Gaia modell

A globalizáció korában, amikor az információ a másodperc törtresze alatt jut a Föld egyik távoli pontjáról a másikra, és a jelszó a „Gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan!”, nem árt a diákjainkat megismertetni a Gaia elmélettel [2]. Nyugodtan feladhatjuk nekik otthoni munkának irányított forrásfeldolgozásként, hogy keressék meg, ki hogyan értelmezte a Lovelock nevű angol vegyész hipotézisét [3]. Eszerint a Föld légköre, vízburka és maga a földkéreg egyetlen hatalmas integrált rendszert képez, melynek alkotórészei állandó kölcsönhatásban vannak egymással. Ezért a Föld, mint egy elképzelhetetlenül óriási rendszer, bármely beavatkozás után mindig megpróbál visszatérni egy „általa preferált” homeosztázisba. Jó példa erre az a tudományosan igazolt tény, hogy ha a légkör széndioxid koncentrációja nő, az a fotoszintézis intenzitásának növekedését vonja maga után, ami viszont csökkenti a levegő szén-dioxid tartalmát. Nagyon tanulságos az is, ha a diákok megismerkednek a Gaia hipotézis elfajult változatával. Ez a Földre olyan élőlényként tekint, amely tudatosan tartja fenn az emberiség létezése számára optimális körülményeket. „Gaia” a görög mitológiában tényleg a „Földanya” istennő, de Lovelock és kollégái komoly tudósok voltak, akik a „Gaia” szót csak szimbolikus értelemben használták [4]. Az e témáról való beszélgetésnek addig a pontig kell az órán eljutnia, hogy a metafizikai irányba elfajult elméletre nincs semmilyen tudományos bizonyíték. Az azonban biztos, hogy megfelelően drasztikus beavatkozásokkal minden homeosztázisban lévő rendszert ki lehet téríteni a látszólagos egyensúlyából. Mint ahogy egy élő szervezet is sikerrel áll ellen kisebb hatásoknak, de bizonyos beavatkozások már halálhoz vezetnek. Egyelőre nem tudjuk felmérni, hogy milyen mértékű és irányú emberi tevékenység juttathatja el a Földet egy ökológiai katasztrófa szélére. Ezért nem árt óvatosnak lennünk...

### „Számokat, ne mellékneveket!”

Ez az idézet egy Cambridge-i professzor, David McKay „*Sustainable energy – without the hot air*” c. könyve [5] egyik fejezetcímének fordítása. Velem együtt biztosan nagyon sokaknak elege van már abból, hogy a hagyományos és megújuló energiaforrásokról folytatott vitákban nem számokat és tényeket, hanem különféle minősítésekre alkalmas jelzőket

(mellékeveket) hallunk. Aki szintén így érez, annak ajánlom figyelmébe ezt az érdekes művet, ami az internetről szabadon letölthető, és van egy 10 oldalas szinopszisa is. Néhány, (igaz az Egyesült Királyságra vonatkozó) közelítő számításokon alapuló megállapítást mindenképpen érdemes kiválogatnunk belőle a diákjaink számára. Például azt írja, hogy napi 40 kWh energiafogyasztást igényel, ha egy átlagos autót napi 50 km megtételére használunk. A két legnagyobb megújuló energiaforrás, aminek felhasználását fontolóra veszi ezen energia megtermeléséhez, a napelem és a szélenergia. Számításai szerint az, hogyha az ország teljes területének kb. 5-10 %-át beborítanák napelemmel, mindössze fejenként 50 kWh energiát szolgáltatna egy nap alatt. Ugyanennyi (50 kWh/nap/fő) energia szélenergiával való megtermeléséhez a tengeri szél erőművekkel kb. kétszer akkora területet kellene befedni, mint Wales... Érdeemes megtanítani tehát a diákokat arra, hogy az előnyök és hátrányok kvalitatív mérlegelése mellett a kemény kvantitatív megközelítést is muszáj alkalmazni, ha felelősen gondolkodunk. Végül egy rövid találós kérdéssel föl hívhatjuk a diákjaink figyelmét arra is, hogy ne hagyják magukat a hangzatos szólamoktól meg téveszteni. A „Minden kicsi számít!” jelszó igaz (tényleg ne pocskoljunk még kevés energiát se fölöslegesen!), de megoldást a nagy energiagondokra nem jelenthet. Gyakran halljuk ugyanis ennek az elvnek a jegyében, hogy pl. húzzuk ki a mobiltöltőt a konnektorból, amikor nem használjuk, mert a sok kicsi megspórolt energia sokra megy. McKay fölteszi a kérdést (amit mi is alkalmazhatunk találós kérdésként): Vajon mennyi ideig lehetne akkora mennyiségű energiával átlagos utazási sebességen működtetni egy autót, amit azzal spórolunk meg, hogy egy napig nincs bedugva a konnektorba az üres mobiltöltőnk? A diákok sejtik, hogy rövid időtartamról lehet szó, de hogy a helyes válasz kb. 1 másodperc, azt azért nem szokták gondolni...

Bizonyára minden tanárnak megvannak a maga eszközei és módszerei e fontos témakör tárgyalásához. Remélem azonban, hogy a fentiekben leírtak között lehetett találni egy-két újdonságot. Hiszen az a feladat, hogy a diákok tényleg felkapják a fejüket, és megértsék: az, hogy az unokáinknak milyen élete lesz, nagymértékben múlik az ő mindennapi döntéseiken is...

#### Irodalomjegyzék:

- (1) Tanaka H., Koga N., (2006), Proceedings of the 19th International Conference on Chemical Education, Seoul

- (2) Lovelock J. E., (1979), *Gaia A new look at life on Earth*, Oxford University Press
- (3) Lovelock J. E., (1990), Hands up for the Gaia hypothesis, *Nature*, **344** (6262): 100-2.
- (4) Margulis L., (1999) *Symbiotic Planet: A New Look At Evolution*. Houston: Basic Book
- (5) MacKay D. J. C., (2008), *Sustainable Energy - without the hot air*, UIT Cambridge; szabadon letölthető a következő weboldaltól: <http://www.withouthotair.com/download.html> (Az utolsó látogatás időpontja: 2010. nov. 14.)

Dr. Szalay Luca  
ELTE Kémiai Intézet  
[luca@chem.elte.hu](mailto:luca@chem.elte.hu)



## NAPRAKÉSZ



### Richter Gedeon Alapítvány a Magyar Kémia Oktatásért - 2010. év díjazottjai

#### Mostbacher Éva

Mostbacher Éva 1983-ban matematika-kémia szakon főiskolai diplomát szerzett a Pécsi Janus Pannonius Tudományegyetem tanárképző karán, majd 1988-ban a Kossuth Lajos Tudományegyetemen kémia szakos középiskolai tanárrá avatták. Első munkahelye a pécsi Egyetem utcai Általános Iskola volt, ahol a főiskolai hallgatók tanítási gyakorlatát vezette. 1993 óta a Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziumában tanít, és a természettudományos tanári munkaközösséget vezeti.

Tanítványainak érdeklődését sikeresen kelti fel nemcsak a kémia, hanem az összes természettudományok iránt. A bőséges magyarázaton és a rendszeres kísérleti bemutatásokon kívül tanítási módszerének része az aktuális természettudományos kérdések felvetése és megválaszolása, a környezetvédelemre és az egészségvédelemre nevelés. A gyengébb tanulóknak bármikor készségesen segít az órákon és azok után is.

Évek óta kiemelkedő munkát végez diákjainak felkészítésében a kémia tanulmányi versenyekre, akik az országos döntők és nemzetközi versenyek igen előkelő helyezéseit érik el. Egyik tanítványa az OKTV kémia döntőjének megnyerése után a tokiói Nemzetközi Diákolimpián aranyérmet szerzett kémiából.

A szaktárgyi felkészítés mellett emberiességre, tisztas helytállásra, kemény tanulásra és munkára, valamint az iskola értékrendje szerinti

életre is neveli diákjait, akiknek nemcsak szakmailag, hanem emberileg is példaképük lehet. Tanítványai szívesen foglalkoznak kémiával, számos diákját motiválja a természettudományos területen való továbbtanulásra.

#### Elekné Becz Beatrix

Elekné Becz Beatrix 1986-ban végzett az ELTE Természettudományi Karán, kémia-fizika szakon. Ötödévtől óraadóként dolgozott a csepeli Jedlik Ányos Gimnáziumban, abban az iskolában, ahol érettségizett. 1985 óta folyamatosan ebben az iskolában tanít, és ér el szép sikereket a kémia eredményes tanításában, népszerűsítésében és megszerettetésében.

Két évig kémia szakos tanátjelöltek külső vezetőtanáraként is működött. Ezt a feladatot is igényesen, magas színvonalon látta el, a hallgatókkal rendkívül jó volt a kapcsolata.

Több mint két évtizedes folyamatos és sokoldalú tehetséggondozó munkásságát bizonyítják az alábbi eredmények:

- az Irinyi János Középiskolai Kémiaversenyen 16 tanulója jutott be az országos döntőbe, közülük ketten 2. és ketten 6. helyezést értek el,
- az OKTV döntőjébe 9 versenyzője jutott be, amelyen egy 2. és egy 4. helyezést szereztek,
- a Curie emléktverseny döntőjéig 34 tanulója juttatta el, akik közül ketten 1. és ketten 2. helyezést értek el,
- a Szegedi Egyetem „Vegyészturna” feladatmegoldó versenyében az elmúlt tanévben két tanítványa 2., két tanítványa pedig 4. lett,
- a KÖKÉL feladatmegoldó versenyében egyik tanítványa 1. helyezést szerzett.

Tanítványai rendszeresen tartanak előadást a sárospataki, illetve a pécsi diákvegyész napokon, több tucat tanítványa tett eredményes felvételi vizsgát kémiából a régi rendszerben, illetve érettségi vizsgát az újban. Több évig vett részt az írásbeli felvételi vizsga feladatkidolgozó bizottságában, illetve az OKTV versenybizottságában.

Elekné Becz Beatrix felkészültsége, oktató-nevelő munkája, annak eredményessége példa lehet minden kémiatanár számára.

### Veres Ildikó

Veres Ildikó tanárnő 1978-ban szerzett kémia-fizika szakos középiskolai tanári diplomát a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen. Az egyetem elvégzése után a Természettudományi Kar Kémiai Szakmódszertani Tanszékén kezdte pályáját. Rendszeresen publikált a „Kémia tanítása” című folyóiratban. 1983-tól dolgozik a debreceni Erdey-Grúz Tibor Vegyipari és Környezetvédelmi Szakközépiskolában.

Munkája során számos iskolai és városi szintű elismerésben részesült, mellyel a rangos kémiaversenyeken elért eredményeit értékelték. Folyamatosan magas színvonalon, nagy szakmai igényességgel dolgozik, fiatalabb kollégáival empatikus, munkájukat rendszeresen figyelemmel kíséri, támogatja.

Eredményei eddigi pályáján a következők voltak:

- Két tanítványa a Grand Prix Chimique nemzetközi kémiaverseny csapatának volt a tagja,
- egy másik tanítványa az OKTV kémia döntőjében 3. helyet szerzett,
- a szakmai érettségi tantárgyak versenyén két diákja volt az első 10 között,
- az Irinyi János Országos Középiskolai Kémiaverseny döntőjén tanítványai az elmúlt 15 év során 2 második, 1-1 harmadik, negyedik és ötödik és 11 további helyezést szereztek.

### Szórád Endre

Szórád Endre Zentán született 1956-ban. Az általános iskolát és a gimnázium természettudományi-matematika szakát szülővárosában magyar nyelven fejezte be. Érettségi után tanulmányait az Újvidéki Egyetem Vegyészmérnöki Karán folytatta, petrokémia szakon diplomázott.

Pályafutását Magyarkanizsán kezdte a FIM szigetelőanyag gyárban, mint főállású vegyészmérnök. Munka mellett szakmai tantárgyakat tanított a magyarkanizsai Beszédes József Műszaki Középiskolában. 2005-ben főállásban a zentai Stevan Sremac Általános Iskolában helyezkedett el, mint kémia-fizika tanár. Ugyanakkor beiratkozott az újvidéki Természettudományi-Matematikai Kar tanárképző szakára, ahol a kémiai tudományokból master képesítést szerzett.

A 2007/2008-as iskolaévben fél munkaidőben kémiát kezdett tanítani a zentai Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégiumban. 2008-tól főállásban a Bolyai Gimnázium kémiatanára.

Szórád Endre mint pedagógus és mint tanár is kiemelkedő munkát végez. Tanulóival igen jó kapcsolatot tud teremteni és vállalja a tehetséggondozással járó kihívásokat. Szinte vonzza magához a diákokat korszerű gondolkodásával és végtelen lelkesedésével. Célja nem az, hogy erőszakkal mindenkivel megszerettesse a kémiát, hanem az, hogy aki kedveli az még jobban megszeresse, aki pedig nem rajong érte az legalább ne utálja meg. Aki kedveli a kémiát, annak minden lehetőséget megteremt annak érdekében, hogy tovább fejlődhessen.

Minden belföldi, külföldi illetve nemzetközi versenyzési lehetőséget megragad, hogy a tanulók bizonyíthassák azokon tehetségüket. Tanulóit mindig szakszerűen és pontosan felkészíti a versenyekre. A Bolyai Tehetséggondozó Gimnáziumban Szórád Endre büszkélkedhet a legnépesebb szakkörrel. Ez a szakkörökön bemutatott változatos és érdekes kísérleteinek illetve érdekfeszítő és tanulságos előadásainak köszönhető.



## Példaértékű összefogás immár tíz éve

Az Ericsson, a Graphisoft és a Richter idén immár tíz éve támogatja évi 9,6 millió forinttal a magyar közoktatásban kiemelkedő, természettudományi tárgyakat oktató pedagógusokat. A három nagyvállalat által létrehozott Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért 2001 óta ítéli oda a Rátz Tanár Úr Életműdíjat évente 2-2 matematika, fizika, kémia és 2005 óta 2 biológia szakos tanárnak, akik kimagasló szerepet töltenek be tárgyük népszerűsítésében és a fiatal tehetségek gondozásában. A három vállalat ezzel a díjjal járul hozzá a magyarországi természettudományos oktatásban végzett tanári munka rangjának, erkölcsi és anyagi megbecsülésének növeléséhez. A 10. Rátz Tanár Úr Életműdíjakat november 17-én adták át a Magyar Tudományos Akadémia Dísztermében.

### A 10. Jubileumi Rátz Tanár Úr Életműdíj díjazott tanárai (2010)

<b>Somfai Zsuzsa</b> (matematika)	Budapest, Eötvös József Gimnázium
<b>Deli Lajos</b> (matematika)	Hajdúszoboszló, Högyes Endre Gimn.
<b>Dr. Vida József</b> (fizika)	Eger, Eszterházy K. Tanárképző Főisk
<b>Várnagy István</b> (fizika)	Tatabánya, Árpád Gimn., Bárdos L. Gimn.
<b>Dénes Sándorné</b> (kémia)	Nagykanizsa, Batthyány Lajos Gimn.
<b>Dr. Molnár József</b> (kémia)	Sopron, Berzsényi D. Evangélikus Gimn.
<b>Bán Sándor</b> (biológia)	Szeged, Radnóti Miklós Kísérleti Gimn.
<b>Dr. Mészáros Lukács</b> (biológia)	– Szentendre, Ferences Gimn.

Az idén díjazott két matematikatanár **Somfai Zsuzsa**, a budapesti Eötvös József Gimnázium tanára, aki többek között tankönyveket lektorál és matematikai tantervek kidolgozásában is fontos szerepet játszott; illetve **Deli Lajos**, a hajdúszoboszlói Högyes Endre Gimnázium tanára, akinek a nevéhez a városi tehetséggondozó Deli-szakkör is fűződik. A fizika tantárgy idei díjazottjai **Dr. Vida József** egri tanár, aki többek között az egri Varázsterem interaktív kísérleteit és eszközeit tervezte; valamint a tatabányai **Várnagy István**, aki 45 éves pedagógiai pályája alatt generációkkal szeretettette meg a fizika világát. Kémiából **Dr. Molnár József**, a soproni Berzsényi Dániel Evangélikus Gimnázium tanára és pályaválasztási felelőse; és a nagykanizsai **Dénes Sándorné**, a Curie kémia emlékversenyek területvezetője kapta meg a jubileumi elismerést.

A biológia tantárgy idei díjazottja két fiatal tanár: **Bán Sándor**, a szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium tanára, aki Ázsiában is járt diákjaival a Nemzetközi Biológiai Diákolimpián; illetve **Dr. Mészáros Lukács**, a szentendrei Ferences Gimnázium pedagógusa, akinek diákjai országos és nemzetközi versenyeket is nyertek.



### Dr. Molnár József

1975-ben az ELTE TTK-n végez okleveles vegyészként, 1978-ban ugyanitt természettudományi doktori fokozatot, 1987-ben kémia szakos középiskolai tanár diplomát szerez. 1975-től 1981-ig a Kőbányai Gyógyszerárugyár Minőségfejlesztési Laboratóriumában kutató vegyész, emellett megbízott oktató a Petrik Lajos Vegyipari Szakközépiskola kihelyezett tagozatán. 1981-től 1983-ig a HUMAN Oltóanyagtermelő és Kutató Intézet Biokémia Osztályán (Gödöllő), megbízott osztályvezető, 1983-tól a Berzsényi Dániel Evangélikus (Líceum) Gimnázium, Szakképző Iskola és Kollégium (Sopron) kémia szakos tanára. A diákok tudományos munkáját



koordináló tanár, pályaválasztási felelős, az Intézményi Tanács tagja, a Líceumi Alapítvány kuratóriumának tagja. 1995-től 2007-ig megbízott óraadó az Egészségügyi Szakképző és Továbbképző Intézet soproni kihelyezett intézetében (gyógyszerészeti kémia oktatása), és részt vesz a környezetegészségügyi asszisztens szak szakmai és vizsgáztatási követelményeinek, tantervének kidolgozásában. Nyomtatott közleményeinek száma 71. Két digitális szakkönyv (CD-ROM) és egy könyvrészlet szerzője. Folyóiratokban 21



tudományos és pedagógiai közleménye jelent meg. Nemzetközi konferencia kiadványokban publikált előadásainak száma 19; hazai konferencia kiadványokban 28 előadásának összefoglalója vagy teljes szövege szerepel. 2002-ben a Tehetségpártolók Baráti Körének alapító tagja lett. 2005-ben ugyancsak alapító tagként lépett be a Kutató Tanárok Országos Szövetségébe. 1999/2000 tanévben főszervezője volt az evangélikus iskolák tanulói részére meghirdetett "Szabad drog nélkül élni" rendezvénynek. 2003-ban a Rába Gimnázium "Az év pedagógusa" kitüntető címmel tüntette ki. 2009-ben a Verband der Chemielehrer/innen Österreichs különdíjjal jutalmazta diákjainak pályamunkáját, és oklevéllel ismerte el a projektben végzett irányító, szervező munkáját.

### Dénes Sándorné

A szegedi Radnóti Miklós Gimnáziumban érettségizett, majd a József Attila Tudományegyetem Természettudományi Karán szerzett kémia-fizika szakos középiskolai diplomát. Tanári pályáját 1982-ben kezdte a nagykanizsai Landler Jenő Gimnáziumban (ma Batthyány Lajos Gimnázium). Nevelő-oktató munkáját a szakszerűség, a következetesség, az igényesség jellemzi. Egyszerre tapasztalható igaz embersége, nyíltsága, példamutató

munkaszeretete, tudása. A színvonalas és eredményes tanórai munka mellett nagy gondot fordít a tehetséggondozásra. Az országos regionális és megyei tanulmányi versenyek döntőiben kémiából és fizikából rendszeresen szerepelnek tanítványai. A fáradhatatlan munkabírási szaktanár rendszeresen vállal osztályfőnöki feladatokat; nyolc éve a kémia-biológia munkaközösség vezetőjeként is tevékenykedik. A Curie kémia emlékversenyen évek óta területvezetői feladatokat lát el. A négyfordulós elődöntő dolgozatainak javítását, a területi döntő szervezését,



lebonyolítását, dolgozatainak javítását nagy szakértelemmel és lelkesedéssel végzi. Szakmai aktivitását jelzi, hogy fizikából is részt vett a 30 órás emelt szintű érettségi vizsgáztatói képzésen. A Zala megyei Köznevelési Közalapítvány által meghirdetett pedagógiai és módszertani pályázatra készített publikációi: 2001-2002: Környezetünk kémiája, vizsgálata, védelme, 2003-2004: Gyakorló feladatsorok a kétszintű érettségire kémiából, 2004-2005: Fizikátörténet középiskolásoknak. Részt vett a "Képzők képzése - felkészítés a kémia tantárgy kétszintű érettségijének lebonyolítására" című 60 órás továbbképzési programon a Köznevelési Fejlesztési és Pedagógus Továbbképzési KHT szervezésében. 2005 áprilisában - a Pedagógiai Intézet felkérésére - a kétszintű kémia érettségi vizsgára felkészítő továbbképzési tanfolyamot tartott Zala Megye középiskolai tanárai számára.

***Szeretettel gratulálunk mind a Magyar Kémia Oktatásért díj, mind a Rátz Tanár Úr Életmű díj kitüntetettjeinek, további munkájukhoz sok sikert és jó egészséget kívánunk!***

### Kémia mérföldkövei kiállítás

2001-ben Pavláth Attila, az Amerikai Kémiai Társaság (ACS) akkori elnöke a kémia népszerűsítése érdekében összeállított egy 34 tablóból álló vándorkiállítást. A kiállítás anyagát 2007-ben az MKE rendelkezésére bocsátották és a szöveget a Szegedi Tudományegyetem Fizikai Kémia Tanszékén Rideg Nóra, Németh Veronika irányításával lefordították magyarra. Nemcsak lefordították, hanem alkotó módon, didaktikai és metodikai kiegészítésekkel európai ill. magyar viszonyokra átdolgozták. A sikeres kiállítás a táblázatban megadott helyeken volt.

#### A kiállítás helyszínei 2007–2008–2009. és 2010-ben

Hely	Intézmény	Szervező
<b>2007-ben</b>		
Szeged	Dugonics András Piarista Gimnázium	Németh Veronika
Sopron	Centenárium Vegyészkonferencia	MKE
Szeged	SZTE, Ságvári Endre Gyakorló Általános Iskola	Erdélyiné Csöke Zsuzsanna
Szeged	Tabán Általános Iskola	Sós Mária
Kunszentmiklós	Református Kollégium Baksay Sándor Gimnáziuma	Kis Attiláné és Janovics Ildikó
<b>2008-ban</b>		
Monor	Nemzetőr Általános Iskola	Győrfiné Csoh Anikó
Sopron	Szt. Orsolya Római Katolikus Általános Iskola, Gimnázium és Kollégium	Főző Mónika
Győr	Krúdy Gyula Középiskola	Kalydi György
Nagykőrös	Arany János Református Gimnázium	Gáspárné Hegedűs Eszter
Kiskunhalas	Református Kollégium Szilády Áron Gimnáziuma	Gavlikné Kiss Anita
Budapest	ELTE Kémiai Intézet	Dr. Turányi Tamás

Szeged	SZTE Általános Orvostudományi Kar	Németh Veronika
Budapest	Fasori Evangélikus Gimnázium	Benkőné Di Giovanni Rita
Pécs	Pécsi Tudományegyetem	Pápayné Dr. Sár Cecília
<b>2009-ben</b>		
Debrecen	Ady Endre Gimnázium	Kertiné Szakáll Anna
Debrecen	Irinyi János Gimnázium	Tóth Albertné
Debrecen	Kossuth Lajos Gimnázium	Bohdaneczky Lászlóné
Debrecen	Tóth Árpád Gimnázium	Fenyősné Kircsi Amália
Nyíregyháza	Nyíregyházi Főiskola	Jekő József
Kecskemét	Kecskeméti Református Gimnázium	Labancz István, Sándor Zoltán, Juhász Katalin
Kecskemét	Katona József Gimnázium	Kiss Attila
Kecskemét	Bolyai Gimnázium	Márkusné Shivrán Mária és Szűcs Orsolya
Kecskemét	Piarista Gimnázium	Gáspár István
Kecskemét	Bányai Júlia Gimnázium	Kiss Árpádné, Borsos Katalin
Budapest	BME - OMIKK	Friedmann Natália
Bonyhád	Petőfi Sándor Evangélikus Gimnázium	Nagy István
Szombathely	Nyugat-magyarországi Egyetem, Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium	Takács László
<b>2010-ben</b>		
Sopron	Berzsenyi Dániel Evangélikus Gimnázium	Molnár Eszter
Aszód	Aszódi Evangélikus Gimnázium	Veizer Valéria
Békéscsaba	Békéscsabai Evangélikus Gimnázium	Mátyásné Orosz Mária
Hódmezővásárhely	Németh László Gimnázium	Szittyai István
Budapest	Deák Téri Evangélikus Gimnázium	Fazakas Andrea



Tolna	Sztárai Mihály Gimnázium	Kovács Attila
Zenta (Szerbia)	Bolyai Tehetséggondozó Gimnázium és Kollégium	Szórád Endre

A kiállításnak nagy nemzetközi sikere van. Az átdolgozott, angolra visszafordított anyagot eddig 16 más nyelve lefordították, és további 11 nyelvre fordítások folyamatban vannak.

2011-ben vállalatok és egyetemek is be kívánják mutatni a kiállítást (Richter Gedeon Nyrt., Sanofi-Aventis/Chinoin, Pannon Egyetem, Miskolci Egyetem stb.).

Az ENSZ 2011-et a „kémia évének” nyilvánította. Ezt kellene felhasználni a kémia népszerűsítésére oly módon, hogy minél több középiskolába jusson el a kiállítás anyaga.

A Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) középiskoláknak térítésmentesen biztosítja (7-10 napra) a lehetőséget a kiállításra. Az iskoláknak csupán a szállítást kell biztosítani. Igény esetén a kapcsolatot az MKE ügyvezető igazgatójával kell felvenni (Androsits Beáta, tel: 225-8777, e-mail: [Androsits@mke.org.hu](mailto:Androsits@mke.org.hu).)

A kiállítás középiskolákban történő bemutatása jó lehetőség a „kémia évének” megünneplésére, valamint fel kell hívni a figyelmet a kémia fontosságára és nélkülözhetetlenségére.

Prof. Dr. Liptay György  
az MKE alelnöke